



**M** 2015

# **OTIMIZAÇÃO DE MEDIDAS PASSIVAS EM EDIFÍCIOS STAND-ALONE DE RETALHO ALIMENTAR - ESTUDO DE CASO**

**PEDRO JOÃO MOURA QUINTAS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA  
À FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO EM  
MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL



# **OTIMIZAÇÃO DE MEDIDAS PASSIVAS EM EDIFÍCIOS STAND-ALONE DE RETALHO ALIMENTAR**

Estudo de Caso

**PEDRO JOÃO MOURA QUINTAS**

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de  
**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS**

---

Professor Doutor José Manuel Marques Amorim de Araújo Faria

---

Engenheira Maria Gabriela Lecour

FEVEREIRO DE 2015

## **MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2014/2015**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ [miec@fe.up.pt](mailto:miec@fe.up.pt)

*Editado por*

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ [feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2014/2015 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2015*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

À minha Mãe e às minhas irmãs

*The best way to predict the future is to create it.*

*Peter Drucker*



## AGRADECIMENTOS

Este trabalho assinala a finalização de um ciclo, o Mestrado Integrado, que não seria possível sem o contributo de algumas pessoas. Gostaria de expressar, aqui, os meus sinceros agradecimentos a todas essas pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para a realização desse ciclo, em especial:

- Ao Professor Amorim Faria, pela sua orientação desde o primeiro dia em que aceitou trabalhar comigo neste projeto; pela motivação e conhecimento que sempre me transmitiu; pela partilha de experiência, conselhos e ideias que só um líder consegue.
- À Engenheira Gabriela Lecour pela oportunidade de trabalhar, pela primeira vez, num ambiente profissional com pessoas fantásticas; por toda a sua disponibilidade e confiança que demonstrou ao longo do estágio.
- A todas as equipas da Direção Conceção Loja da Sonae MC por me receberem como um elemento do grupo.
- Ao Professor José Miguel Castro pela sua disponibilidade e aconselhamento académico e profissional ao longo do Mestrado que se revelaram valiosos; parabéns pela sua excelência enquanto docente e pessoa.
- Ao Carlos, à Maria João, à Patrícia e ao Zé por serem mais do que amigos de curso ao longo deste ciclo.
- Ao meu grupo de amigos que me acompanha em todos os momentos; um obrigado especial ao Juca pelos anos da nossa amizade.
- À minha família; às minhas irmãs e sobrinhos por todo o carinho, amor e confiança que me tornam diariamente num ser humano melhor.
- À pessoa mais especial da minha vida, a minha Mãe, por tudo.

Obrigado a estes e a todos os outros com os quais cruze caminho, que contribuem para o meu sucesso e que nem sempre reconheço.





## RESUMO

A redução de custos a par de um aumento de qualidade contínuo de processos, sistemas ou soluções representa um dos maiores desafios em qualquer setor de atividade. O presente trabalho foi realizado no âmbito de um estágio na equipa de Arquitetura e Design da Direção Conceção Loja (DCL) da Sonae MC ao abrigo do programa *Call for Solutions Universities* e baseia-se no desafio “Como encontrar soluções construtivas de baixo custo para a Sonae MC”.

Para a realização deste trabalho estudaram-se os conceitos e sistemas construtivos adotados atualmente pela Sonae MC, especificamente nos edifícios projetados após a criação da DCL, de modo a identificar potenciais pontos de melhoria com vista à redução de custos. Paralelamente realizou-se um estudo de *benchmarking* de alguns grupos reconhecidos no setor de retalho com o objetivo de identificar as melhores práticas e soluções construtivas inovadoras na conceção e desenvolvimento de edifícios com um uso específico: o retalho alimentar.

Durante esse estudo constatou-se, entre outras observações, que os edifícios *stand-alone* da insígnia Continente Modelo não apresentavam um aproveitamento adequado das condições climáticas em fase de conceção arquitetónica inicial. Tal aproveitamento deveria ser considerado com vista a uma otimização energética e a uma consequente redução de custos com necessidades de aquecimento e de arrefecimento em diferentes concelhos do território.

O presente trabalho apresenta um estudo de como a conceção de um edifício *stand-alone* com alguma consideração por diretrizes fundamentadas numa arquitetura bioclimática, como a orientação, a dimensão dos vãos envidraçados, o sombreamento ou a ventilação natural, permitem uma redução de custos importante, sem comprometer ou até mesmo aumentando a qualidade da solução construída.

Assim, com recurso a um *software* de simulação dinâmica (EnergyPlus) e a outro de otimização multidimensional (GenOpt) foi possível determinar quais e de que modo devem ser implementadas medidas passivas em três concelhos (Porto, Évora e Faro) com climas distintos, permitindo à equipa de Arquitetura uma conceção dos edifícios fundamentada em questões verdadeiramente de sustentabilidade e que propicia soluções inovadoras simples e rentáveis.

Na parte final do capítulo de conclusão apresentam-se e comentam-se genericamente algumas outras sugestões de possível melhoria dos atuais edifícios com vista ao seu estudo em futuros trabalhos.

**PALAVRAS-CHAVE:** retalho alimentar, edifícios *stand-alone*, inovação, arquitetura bioclimática, medidas passivas, otimização energética



## **ABSTRACT**

Cost reduction together with quality improvements of processes, systems and solutions, have been considered some of the greatest challenges to any business. This study was done in the context of an internship within the Architectural and Design Team of the Store Concept Department (DCL) of Sonae MC under the Call for Solutions Universities programme. It is based on the challenge “How to find low-cost building solutions for Sonae MC”.

A detailed evaluation of concepts and building systems currently used by Sonae MC was carried out in order to identify potential improvements related to cost-effectiveness. A focused benchmarking of some well-know international retailers was developed with the objective of identifying best practices and innovative building solutions for the design of buildings with a specific purpose: food retail.

During this study, it became clear that Continente Modelo stand-alone buildings were not suitably designed for different climatic zones in the early project stages. Such design should be considered in order to improve energy performance and consequently reduce operational costs with heating and cooling loads in different Portuguese municipalities.

This dissertation shows how bioclimatic architectural strategies, such as building azimuth, glazing dimensions, shading devices or natural ventilation, could contribute to important cost reductions without compromising the building concept and even increase the quality of construction.

Using a dynamic simulation software (EnergyPlus) and a multidimensional optimization one (GenOpt), it was possible to determine which passive design strategies should be implemented in different municipalities (Porto, Évora and Faro) and how this can be done, allowing the Architectural Team a new design approach based on truly sustainable concepts that result in simple, innovative and profitable building solutions.

In the final chapter, further suggestions for possible improvements of the current building systems are presented, envisioning future developments and studies.

**KEYWORDS:** food retail, stand-alone buildings, innovation, bioclimatic architecture, passive design strategies, energy optimization



## ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS .....	i
RESUMO .....	iii
ABSTRACT .....	v
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. MOTIVAÇÃO, ENQUADRAMENTO E OBJETIVOS .....	1
1.2. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO .....	3
<b>2. SONAE E INSÍGNIAS CONTINENTE .....</b>	<b>5</b>
2.1. INTRODUÇÃO .....	5
2.2. AS INSÍGNIAS CONTINENTE .....	6
2.2.1. CONTINENTE .....	7
2.2.2. CONTINENTE MODELO .....	10
2.2.3. CONTINENTE BOM DIA .....	13
<b>3. ANÁLISE E CARACTERIZAÇÃO DE EDIFÍCIOS DE RETALHO .....</b>	<b>15</b>
3.1. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO .....	16
3.2. GRUPOS RETALHISTAS .....	17
3.2.1. MARKS & SPENCER .....	17
3.2.2. TESCO .....	22
3.2.3. WAITROSE .....	24
3.2.4. ALDI .....	26
3.2.5. OUTROS (EM PORTUGAL) .....	29
<b>4. CONTINENTE MODELO: SISTEMAS CONSTRUTIVOS .....</b>	<b>31</b>
4.1. INTRODUÇÃO: CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO .....	31
4.2. SISTEMAS CONSTRUTIVOS .....	31
4.2.1. ESTRUTURA .....	36
4.2.1.1. Infraestrutura .....	36

4.2.1.2. Superestrutura .....	37
4.2.2. ENVOLVENTE .....	39
4.2.2.1. Cobertura .....	39
4.2.2.2. Fachadas .....	40
4.2.3. INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS .....	46
4.2.3.1. AVAC .....	46
4.2.3.2. Eletricidade .....	47
4.2.3.3. Instalações Hidráulicas .....	50
4.2.3.4. Sistemas de Segurança .....	51
4.2.4. COMPARTIMENTAÇÕES .....	51
4.2.4.1. Exteriores .....	52

## **5. ANÁLISE E ESTRATÉGIAS CLIMÁTICAS .....**

**53**

### **5.1. INTRODUÇÃO .....**

**53**

### **5.2. ANÁLISE CLIMÁTICA .....**

**56**

#### 5.2.1. TEMPERATURA DO AR SECO .....

**57**

#### 5.2.2. HUMIDADE E TEMPERATURA PONTO DE ORVALHO .....

**59**

#### 5.2.3. DIAGRAMA PSICROMÉTRICO .....

**63**

#### 5.2.4. RADIAÇÃO SOLAR .....

**65**

#### 5.2.5. VENTO .....

**67**

### **5.3. CONCLUSÕES .....**

**71**

#### 5.3.1. COMPARAÇÃO DO CLIMA DOS TRÊS CONCELHOS .....

**72**

#### 5.3.2. ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS .....

**73**

##### 5.3.2.1. Ganhos Solares: Promoção e Restrição .....

**75**

##### 5.3.2.2. Perdas por Condução .....

**77**

##### 5.3.2.3. Inércia Térmica .....

**77**

##### 5.3.2.4. Ventilação Natural .....

**78**

#### 5.3.3. ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS: PORTO, ÉVORA E FARO .....

**82**

##### 5.3.3.1. Porto .....

**82**

##### 5.3.3.2. Évora .....

**83**

##### 5.3.3.3. Faro .....

**83**

<b>6. MODELAÇÃO, SIMULAÇÃO E OTIMIZAÇÃO</b>	85
<b>6.1. MODELAÇÃO</b>	85
6.1.1. ZONA CLIMÁTICA	86
6.1.2. GEOMETRIA	86
6.1.2.1. Layout	86
6.1.2.2. Envolvente	88
6.1.3. MATERIAIS E SISTEMAS CONSTRUTIVOS	90
6.1.4. EQUIPAMENTOS	91
<b>6.2. SIMULAÇÃO</b>	93
6.2.1. NECESSIDADES ENERGÉTICAS	94
6.2.1.1. Conclusões	95
<b>6.3. OTIMIZAÇÃO</b>	96
6.3.1. PARÂMETROS ESTUDADOS	96
6.3.1.1. Orientação do Edifício	96
6.3.1.2. Vãos Envidraçados	98
6.3.1.3. Sombreamento	99
6.3.1.4. Ventilação Natural	100
6.3.2. GENOPT	101
6.3.2.1. Algoritmo de Otimização	102
6.3.2.2. Definição da Função Objetivo	104
6.3.2.3. Definição das Variáveis	104
6.3.3. RESULTADOS	106
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	113
<b>7.1. CONCLUSÕES DO TRABALHO REALIZADO</b>	113
<b>7.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS</b>	114
7.2.1. OTIMIZAÇÃO ENERGÉTICA	114
7.2.2. OUTRAS PROPOSTAS DE MELHORIA	115
7.2.2.1. Análises Custo-Benefício	115
7.2.2.2. Coordenação Dimensional e Modular	117
7.2.2.3. Interação Fachada / Estacionamento	119
7.2.2.4. Integração da Ferramenta BIM	119





## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Evolução das tarifas de venda a clientes por níveis de tensão (1990 a 2014) da energia elétrica (adaptado de ERSE, 2014) .....	2
Figura 2.1. – Estrutura do Grupo Sonae (adaptado de <i>Relatório de Gestão 2013</i> ) .....	5
Figura 2.2 – Distribuição da população com idade entre os 25 e os 64 anos com educação superior (ISCED nível 5 e 6) na Europa em 2011 (adaptado de Eurostat, 2014) .....	8
Figura 2.3 – Continente: Organização do layout de loja .....	9
Figura 2.4 – Continente: Macrosegmentação do layout de loja .....	9
Figura 2.5 – Fachada principal (Hiper do Futuro): a. Loja de Évora; b. Loja de Portimão .....	10
Figura 2.6 – Continente Modelo: layout de loja .....	11
Figura 2.7 – Continente Modelo: Macro segmentação do layout de loja .....	11
Figura 2.8 – Diversidade de fachadas da insígnia Continente Modelo: a. Santa Maria da Feira (2012); b. Cacém (2013); c. Lagos (2013) .....	12
Figura 2.9 – Continente Modelo: novo conceito para a fachada principal .....	12
Figura 2.10 – Bom Dia: novo conceito a. Interior de loja; e b. Exterior de loja .....	13
Figura 3.1 – a. Marks & Spencer em Manchester, 1960 (adaptado de Chethams's Library, Newbold Collection); b. Sainsbury's em Brighton, 1990 (adaptado de Daily Mail) .....	16
Figura 3.2 – Sistema construtivo em chapa metálica: a. Fachada lateral de um edifício Continente Modelo; b. Fachada principal de um edifício do grupo Tesco, na Hungria (adaptado de Óbuda Group) .....	16
Figura 3.3 – Marks & Spencer em Sheffield, Reino Unido: a. Fachada lateral; b. Fachada principal (adaptado de L&H, 2012) .....	19
Figura 3.4 – Marks & Spencer em Stratford City, Londres (adaptado de M&S Stratford City Sustainable Store, 2014) .....	20
Figura 3.5 – Marks & Spencer em Cheshire Oaks, Reino Unido: a. Fachada principal em fase de construção; b. Fachada principal (adaptado de Building, Sustainable Supermarket, 2012) .....	20
Figura 3.6 – Ilustração de sistemas construtivos constituintes da M&S de Cheshire Oaks .....	21
Figura 3.7 – Tesco em Manchester, Reino Unido (adaptado de NG Developments, 2012) .....	23
Figura 3.8 – Tesco em Bedworth, Reino Unido (adaptado de ColorCoat, 2013) .....	23
Figura 3.9 – Waitrose em Bracknell, Reino Unido (adaptado de BCSC Gold Awards, 2012) .....	25
Figura 3.10 – a. Exemplo de um <i>bug hotel</i> ; b. <i>Bug hotel</i> da Waitrose em Bracknell .....	26
Figura 3.11 – Aldi em Chiasso, Suíça (adaptado de Bollinger Baugruppe) .....	27
Figura 3.12 – Aldi em Munique, Alemanha (adaptado de W. S. Tyler) .....	27
Figura 3.13 – Aldi em Swan Hill, Austrália (adaptado de 1:1 Architects) .....	28
Figura 3.14 – Aldi em Albury, Austrália (adaptado de 1:1 Architects) .....	28

Figura 3.15 – Minipreço em Vila Nova de Gaia (adaptado de José Gonçalves, Arquiteto) .....	29
Figura 4.1 – Decomposição funcional de um edifício: exemplo .....	33
Figura 4.2 – Decomposição celular de um edifício: exemplo .....	34
Figura 4.3 – Decomposição funcional de um edifício <i>stand-alone</i> Continente Modelo .....	35
Figura 4.4 – Tipologia de fundações .....	36
Figura 4.5 – Estrutura genérica de edifício <i>stand-alone</i> ou pavilhão industrial.....	37
Figura 4.6 – Estrutura típica de um edifício <i>stand-alone</i> Continente Modelo .....	38
Figura 4.7 – Sistema construtivo da cobertura com impermeabilização betuminosa (adaptado de Hironville Portugal) .....	39
Figura 4.8 – Sistema construtivo da cobertura do tipo sandwich (adaptado de Mundiperfil) .....	39
Figura 4.9 – Pormenor construtivo da fixação da tela .....	40
Figura 4.10 – Elementos enformados a frio utilizados como a. Estrutura secundária; e b. Revestimento (adaptado de Ghersi et al, 2001) .....	41
Figura 4.11 – Sistema construtivo de fachada em chapa metálica: a. Ilustração genérica (adaptado de SCI, Single-Storey Steel Buildings: Building Envelope); b. Fase de construção .....	42
Figura 4.12 – Exemplos de diferentes tipos de chapa metálica para revestimento de fachadas (adaptado de ArceloMittal).....	42
Figura 4.13 – Sistemas construtivos da fachada opaca utilizados nos edifícios em <i>stand-alone</i> Continente Modelo: a. ETICS; b. Isolamento térmico pelo interior; c. Alvenaria dupla com isolamento na caixa-de-ar .....	43
Figura 4.14 – Modelo . <i>dwg</i> do alçado da fachada principal (orientada a nordeste) e lateral (orientada a sudeste) do Continente Modelo de Sines.....	43
Figura 4.15 – Fachada principal do Continente Modelo.....	44
Figura 4.16 – Fachadas principais posteriores à renovação do conceito da insígnia .....	44
Figura 4.17 – Modelo . <i>dwg</i> da fachada principal e lateral do Continente Modelo de Vizela .....	45
Figura 4.18 – Postos de transformação: a. Aéreo; b. Cabine .....	47
Figura 4.19 – Esquema simplificado de um Posto de Transformação.....	48
Figura 4.20 – Esquema simplificado de alimentações de um edifício Continente Modelo .....	49
Figura 4.21 – Vista do parque de estacionamento de um edifício Continente Modelo.....	52
Figura 5.1 – Mapa-mundo da Classificação Climática de Köppen (adaptado de <a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Köppen_climate_classification">http://en.wikipedia.org/wiki/Köppen_climate_classification</a> ) .....	54
Figura 5.2 – Zonas Climáticas de Inverno e Verão para Portugal Continental (adaptado de RCCTE, 2006).....	55
Figura 5.3 – Distribuição anual horária da temperatura do ar seco no concelho do Porto .....	57
Figura 5.4 – Distribuição anual horária da temperatura do ar seco no concelho de Évora .....	57
Figura 5.5 – Distribuição anual horária da temperatura do ar seco no concelho de Faro .....	57

Figura 5.6 – Flutuação da temperatura do ar entre dia e noite nos três primeiros dias de janeiro no concelho do Porto .....	58
Figura 5.7 – Distribuição anual horária da humidade específica no concelho do Porto.....	61
Figura 5.8 – Distribuição anual horária da humidade específica no concelho de Évora .....	61
Figura 5.9 – Distribuição anual horária da humidade específica no concelho de Faro .....	61
Figura 5.10 – Distribuição anual diária da temperatura do ar seco e de ponto de orvalho no concelho do Porto .....	62
Figura 5.11 – Distribuição anual diária da temperatura do ar seco e de ponto de orvalho no concelho de Évora .....	62
Figura 5.12 – Distribuição anual diária da temperatura do ar seco e de ponto de orvalho no concelho de Faro .....	62
Figura 5.13 – Diagrama psicrométrico do concelho do Porto .....	63
Figura 5.14 – Diagrama psicrométrico do concelho de Évora .....	64
Figura 5.15 – Diagrama psicrométrico do concelho de Faro .....	64
Figura 5.16 – Radiação global solar mensal no concelho do Porto.....	65
Figura 5.17 – Radiação global solar no concelho de Évora .....	66
Figura 5.18 – Radiação global solar no concelho de Faro .....	66
Figura 5.19 – a. Observações diárias da direção do vento no concelho do Porto (%); b. Velocidades médias diárias do vento no concelho do Porto (m/s).....	67
Figura 5.20 – a. Observações diárias da direção do vento no concelho de Évora (%); b. Velocidades médias diárias do vento no concelho de Évora (m/s) .....	68
Figura 5.21 – a. Observações diárias da direção do vento no concelho de Faro (%); b. Velocidades médias diárias do vento no concelho de Faro (m/s) .....	68
Figura 5.22 – Frequência de ocorrência das velocidades do vento no concelho do Porto .....	69
Figura 5.23 – Frequência de ocorrência das velocidades do vento no concelho de Évora .....	70
Figura 5.24 – Frequência de ocorrência das velocidades do vento no concelho de Faro .....	70
Figura 5.25 – Comparação dos diagramas psicrométricos dos três concelhos e classificação de zonas climáticas num diagrama psicrométrico (adaptado de Bilow, 2012).....	72
Figura 5.26 – Representação num diagrama psicrométrico de diferentes zonas de conforto propostas pelas normas ASHRAE 55-2004 e DIN 1946 (adaptado de Bilow, 2012) .....	74
Figura 5.27 – Carta de bioclimática de Givoni (adaptado de Gonçalves, 2004) .....	74
Figura 5.28 – Alternativa à carta bioclimática de Givoni (adaptado de Wyckmans, A. 2013) .....	75
Figura 5.29 – Sistemas de aquecimento passivo: a. Direto, b. Indireto, c. Isolado .....	75
Figura 5.30 – Exemplos de sistemas de aquecimento passivo: a. Vão Envidraçado, b. Parede de Trombe, c. Coluna de Água .....	76
Figura 5.31 – a. Chaminé solar (adaptado de Silva, F. 2013); b. <i>Windcatchers</i> na zona residencial mais antiga do Dubai, em Al Bastakiya.....	79

Figura 5.32 – a. Sistema de ventilação natural moderno; b. Loja do grupo Tesco onde foram implementados sistemas de ventilação natural modernos como em a.....	80
Figura 5.33 – Representação esquemática do funcionamento de um <i>windcatcher</i> durante o período diurno e noturno (adaptado de Khatami, 2009).....	80
Figura 5.34 – Sistema de ventilação <i>e-stack</i> desenvolvido pela Breathing Buildings (adaptado de <a href="http://www.breathingbuildings.com">www.breathingbuildings.com</a> ).....	81
Figura 5.35 – Diagrama psicrométrico do concelho do Porto: zona de conforto .....	82
Figura 5.36 – Diagrama psicrométrico do concelho de Évora: zona de conforto .....	83
Figura 5.37 – Diagrama psicrométrico do concelho de Faro: zona de conforto .....	84
Figura 6.1 – Metodologia para a obtenção das necessidades energéticas .....	85
Figura 6.2 – a. Organização layout-tipo; b. Dimensões em planta do layout-tipo .....	87
Figura 6.3 – a. Dimensões alçado fachada principal sem elementos de sombreamento; b. Dimensões alçado fachada principal com galeria em pórtico .....	88
Figura 6.4 – Modelo 3D para estudo da fachada principal.....	88
Figura 6.5 – Vista em alçado das fachadas laterais (com e sem pórtico).....	89
Figura 6.6 – Modelo 3D para simulação energética (Sketchup/OpenStudio) .....	89
Figura 6.7 – Resultados da simulação energética: necessidades de aquecimento e arrefecimento por concelho .....	94
Figura 6.8 – Geometria solar: percursos do sol (adaptado de Gonçalves et al, 2004).....	97
Figura 6.9 – Parâmetro: orientação do edifício-tipo .....	98
Figura 6.10 – Parâmetro: vãos-envidraçados do edifício-tipo.....	98
Figura 6.11 – Modelo 3D com alteração do sombreamento (Sketchup/OpenStudio) .....	99
Figura 6.12 – Parâmetro: sombreamento da fachada principal .....	99
Figura 6.13 – Metodologia para a otimização das necessidades energéticas.....	101
Figura 6.14 – Diagrama do algoritmo de Hooke-Jeeves (adaptado de.....	103
Figura 6.15 – Resultados da otimização energética: necessidades de aquecimento e de arrefecimento por concelho considerando a influência de todas as variáveis .....	106
Figura 6.16 – Variação das necessidades de aquecimento e de arrefecimento após otimização .....	107
Figura 6.17 – Processo de otimização no software GenOpt para o concelho do Porto .....	107
Figura 6.18 – Incidência da radiação solar (verão e inverno) na fachada principal.....	110
Figura 6.19 – Representação esquemática da fachada principal otimizada.....	110
Figura 7.1 – Impacte nos custos de diferentes sistemas de acordo com a complexidade do estudo (adaptado de Stanford University).....	117
Figura 7.2 – Grelha tartan e exemplo de coordenação dimensional modular .....	118

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 3.1 – Princípios para a minimização de consumos energéticos (adaptado de Marks & Spencer, Sustainable Construction Manual, 2010) .....	18
Quadro 4.1 – Decomposição de um edifício em órgãos principais (adaptado da ISO 6241) .....	32
Quadro 4.2 – Comparação entre a utilização de perfis com alma cheia ou treliçados .....	38
Quadro 5.1 – Resumo dos registos observados da temperatura do ar nos concelhos do Porto, Évora e Faro .....	59
Quadro 5.2 – Classificação de Beaufort .....	71
Quadro 5.3 – Resumo dos principais valores registados nos três concelhos .....	72
Quadro 5.4 – Classes de inércia térmica de acordo com o RCCTE (2006) .....	78
Quadro 6.1 – Exemplo de input (.idf) de dados climáticos .....	86
Quadro 6.2 – Exemplo de input (.idf) da geometria do edifício-tipo .....	89
Quadro 6.3 – Descrição dos sistemas construtivos constituintes do edifício-tipo .....	90
Quadro 6.4 – Exemplo de input (.idf) da definição de um material de construção .....	91
Quadro 6.5 – Exemplo de input (.idf) da definição de um sistema construtivo .....	91
Quadro 6.6 – Pressupostos para a simulação energética do edifício-tipo .....	93
Quadro 6.7 – Resultados da simulação energética: necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia total por concelho .....	94
Quadro 6.8 – Estimativa do custo total fictício anual por concelho .....	95
Quadro 6.9 – Parâmetros e variáveis associadas .....	104
Quadro 6.10 – Definição das variáveis: nome, intervalo e incremento .....	105
Quadro 6.11 – Input (.idf) para definição de um período de simulação específico para as renovações do ar .....	106
Quadro 6.12 – Influência da percentagem de variação na diferença absoluta da energia total inicial e final por concelho .....	108
Quadro 6.13 – Influência da percentagem de variação na diferença absoluta do custo total inicial e final por concelho .....	109
Quadro 6.14 – Valor das variáveis dos parâmetros após a otimização .....	109



# 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1. MOTIVAÇÃO, ENQUADRAMENTO E OBJETIVOS

O aumento da competitividade global no setor do retalho, especificamente no mercado português, estimula o desenvolvimento de conceitos arquitetónicos e soluções tecnológicas inovadoras por parte das diferentes cadeias de supermercados. Estes conceitos e soluções são a base do desenvolvimento estratégico de uma empresa ou insígnia naquele setor, assumindo-se como *trunfos* na diferenciação de uma marca junto do consumidor. Porém, a adoção de soluções inovadoras deve representar uma decisão de investimento bem fundamentada de modo a minimizar os riscos associados, permitindo obter retornos positivos e, assim, possibilitar o crescimento contínuo e sustentado das empresas.

O presente trabalho resulta do desafio “Como encontrar soluções construtivas de baixo custo para a Sonae MC” lançado pela Direção Conceção Loja no âmbito do programa *Call for Solutions Universities* e pretende dar continuidade à procura de soluções inovadoras que contribuam, de algum modo, para a redução de custos.

A redução de custos, a par duma melhoria de qualidade contínua, é uma prioridade em quase todos os setores do grupo Sonae. De facto, a Sonae tem procurado, ao longo dos seus trinta anos de existência no setor do retalho alimentar, soluções inovadoras com custos competitivos ao nível das soluções tradicionais para os seus projetos/construções e que se traduzam, sempre que possível, no aumento das suas vendas por metro quadrado de acordo com padrões éticos e de sustentabilidade bem definidos.

Porém, o aumento da expansão territorial das lojas a zonas geograficamente distintas tem vindo a representar um desafio e, simultaneamente, uma oportunidade. O desafio prende-se com a diversidade de variáveis específicas de cada local, nomeadamente os fatores climáticos que contribuem significativamente para desempenhos térmicos distintos de acordo com a zona climática onde se insere; a oportunidade é a vantagem que tal diversidade pode representar quando considerada em fases iniciais do projeto de conceção. De facto, as necessidades energéticas de um edifício são influenciadas diretamente pelas condições climáticas da região onde este se insere, contribuindo para o aumento ou redução dos custos com consumos energético com sistemas de climatização.

O consumo de eletricidade representou aproximadamente 77%<sup>1</sup> da energia total do consumo energético do grupo Sonae no ano de 2013. Enquanto o grupo tende a otimizar processos e sistemas que reduzam este consumo, o preço de venda da energia elétrica tem vindo sucessivamente a aumentar ao longo dos últimos dez anos, tal como ilustra a Figura 1.1.

---

<sup>1</sup> De acordo com o Relatório de Sustentabilidade de 2014 da Sonae.

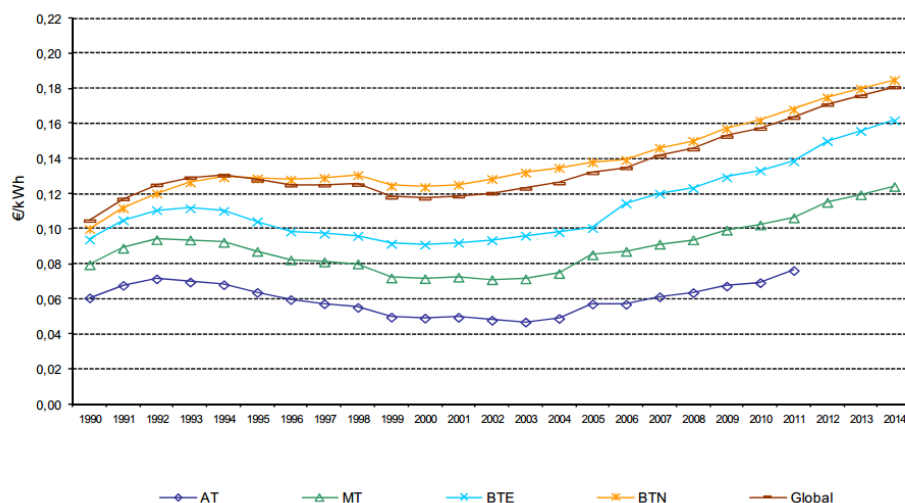


Figura 1.1 – Evolução das tarifas de venda a clientes por níveis de tensão (1990 a 2014) da energia elétrica (adaptado de ERSE, 2014)

Torna-se, portanto, imperativo encontrar soluções inovadoras que permitam reduzir os custos com consumos energéticos sem que outros sejam agravados e de acordo com uma visão sustentável das construções com períodos de vida útil superiores a 20 anos.

Juntamente com as questões económicas que os consumos energéticos acarretam, começam a surgir legislações que procuram limitar esses consumos de acordo com uma abordagem sustentável. De acordo com a Diretiva Europeia sobre o Desempenho Energético dos Edifícios (EPBD), a partir de 2020 todos os edifícios novos terão de ser *Nearly Zero Energy Buildings* (NZEB). Tal significa que os edifícios construídos na União Europeia devem apresentar desempenhos energéticos muito elevados cujas necessidades energéticas anuais sejam muito baixas. O primeiro passo é, efetivamente, reduzir os consumos dos edifícios.

O presente trabalho pretende, assim, apresentar um estudo relacionado com a poupança energética: de que forma a conceção de um edifício *stand-alone*, usando diretrizes fundamentadas numa arquitetura bioclimática (tais como a orientação, a dimensão dos vãos envidraçados, o sombreamento ou a ventilação natural), permite uma redução de custos energéticos associados ao funcionamento da loja, juntamente com um aumento da qualidade da construção.

De modo a compreender o potencial que tal consideração pode representar, realizou-se um estudo quantitativo que permitisse, através da simulação com recurso a um *software* numérico (EnergyPlus) e outro de otimização (GenOpt), comparar as soluções atualmente implementadas e diversas simulações de soluções alternativas para, então, concluir acerca da influência daquelas medidas em lojas construídas em três concelhos do país – Porto, Évora e Faro.

Assim, este trabalho pretende demonstrar, através de um estudo numérico concreto, que é possível inovar numa fase inicial de conceção arquitetónica dos edifícios, traduzindo-se essa inovação em construções verdadeiramente sustentáveis e rentáveis.

Como nota de conclusão e de desenvolvimento futuro para outros programas *CFS*, apresentam-se alguns exemplos de melhoria que pretendem ilustrar que há sempre espaço para desenvolvimento e inovação na conceção de edifícios para usos específicos como os que se analisaram nesta dissertação (retalho alimentar).



## 1.2. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação encontra-se dividida em sete capítulos. Além deste primeiro capítulo, introdutório, no qual se apresenta a motivação, os objetivos e a organização do trabalho, existem outros seis que seguidamente se descrevem.

No capítulo dois começa-se por descrever sucintamente a Sonae MC enquanto negócio *core* de retalho alimentar do grupo Sonae. Descreve-se, juntamente com uma breve introdução histórica, as insígnias que constituem a marca Continente, dando especial enfoque às últimas renovações dos seus conceitos e como é que estes se manifestam junto do consumidor. Realça-se também a importância do *layout* e da envolvente do edifício, enquanto instrumentos estratégicos na promoção da marca e experiência de compra por parte das equipas da DCL.

O capítulo três resulta de um *benchmarking* de sistemas e soluções construtivas adotadas por algumas marcas nacionais e internacionais no setor do retalho. Esta pesquisa tem como finalidade identificar soluções inovadoras utilizadas por alguns dos grandes grupos retalhistas internacionais e reconhecer, também, alguns sistemas ou soluções praticadas por grupos concorrentes no mercado nacional.

O capítulo quatro caracteriza, do ponto de vista dos sistemas construtivos, o objeto em estudo. Procura-se, com base na análise de inúmeros projetos, descrever os sistemas construtivos usualmente adotados na construção de edifícios *stand-alone* da insígnia Continente Modelo. Adota-se uma metodologia de decomposição simplificada de modo a facilitar o estudo, onde o edifício é interpretado enquanto sistema global que integra inúmeros subsistemas. Ao longo deste capítulo recorreu-se frequentemente à base de dados da DCL de peças escritas e desenhadas que constituem os projetos de execução das mais variadas especialidades.

No capítulo cinco descrevem-se simplificadaamente alguns conceitos relacionados com o clima e apresenta-se a análise climática realizada para três concelhos (Porto, Évora e Faro) com base em registos de dados discretos fornecidos gratuitamente pelo IWECE (*International Weather for Energy Calculation*). Este capítulo tem como objetivo uma análise individual e comparativa das três zonas com base em quatro parâmetros fundamentais: temperatura, humidade, radiação e vento; através da análise dos diagramas psicrométricos das três zonas apresentam-se diferentes medidas passivas, consoante a zona em estudo, que se apoiam em conceitos arquitetónicos bioclimáticos.

O capítulo seis é constituído primeiramente pela metodologia de modelação do edifício-tipo com base nos sistemas construtivos apresentados no capítulo quatro, assim como a descrição dos resultados obtidos através da simulação energética, com recurso ao *software* EnergyPlus, do edifício-tipo quando localizado em diferentes zonas climáticas. Posteriormente apresenta-se uma metodologia de otimização e definem-se os parâmetros a otimizar na conceção do edifício-tipo com vista à redução de custos energéticos sem que o conceito da insígnia seja comprometido; estes parâmetros relacionam-se com as medidas passivas apresentadas no capítulo cinco. Uma vez que a otimização de duas ou mais variáveis dependentes é extremamente complexa em problemas de simulação energética, recorreu-se a um programa de minimização multidimensional – *Generic Optimization Program* (GenOpt) – de uma função objetivo (função de custo). Posteriormente avalia-se o potencial de redução de custos anuais por concelho após a otimização de todas as variáveis conjuntamente.

O capítulo sete divide-se em duas partes: a primeira apresenta as principais conclusões do estudo de otimização energética realizado e o seu potencial de implementação em futuros projetos; a segunda parte reúne, sumariamente, algumas medidas de melhoria identificadas ao longo do estágio que visam futuros desenvolvimentos baseados em estudos quantitativos.



## 2

## SONAE E INSÍGNIAS CONTINENTE

## 2.1. INTRODUÇÃO

Fundada em 1959, a Sonae iniciou a sua atividade na produção de termolaminado decorativo e é, atualmente, a maior empresa empregadora privada de Portugal fruto do crescimento e desenvolvimento interno ao longo das últimas décadas. A sua dimensão traduz-se numa cultura largamente difundida no dia-a-dia dos portugueses, sendo que não parece oportuno desenvolver aprofundadamente a natureza da empresa. Assim, a Sonae é hoje um grupo empresarial constituído por holdings nos setores das Telecomunicações (Sonae Com), Imobiliária (Sonae Sierra e Sonae RP), Retalho Especializado (Sonae SR) e Retalho Alimentar (Sonae MC), presente em 67 países, incluindo operações, prestação de serviços a terceiros, escritórios de representação, *franchising* e parcerias (ver Figura 2.1).

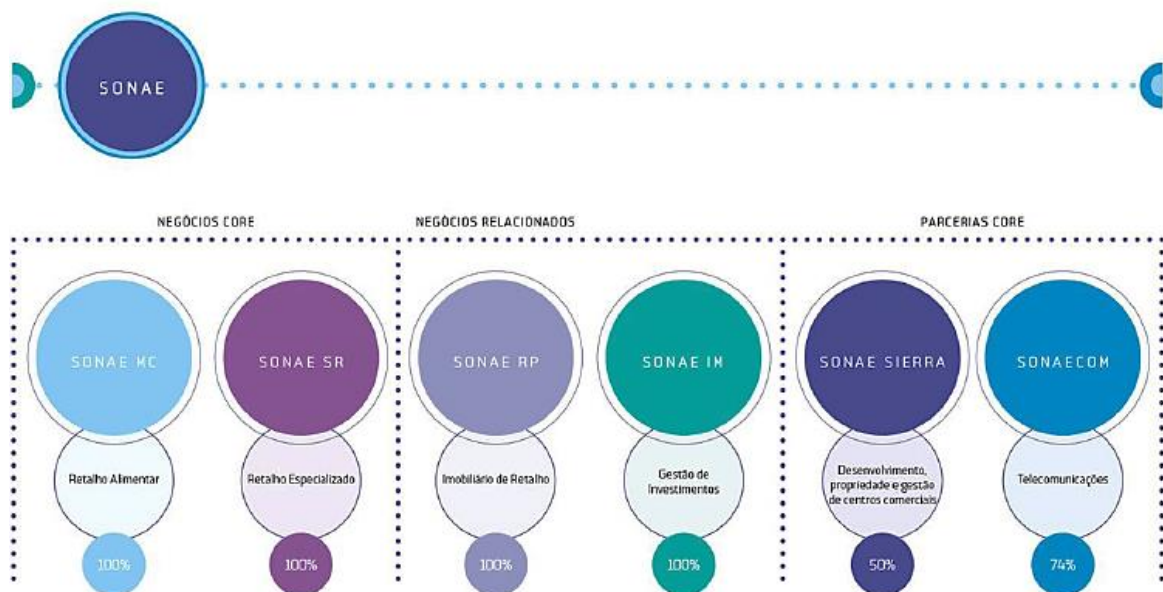


Figura 2.1. – Estrutura do Grupo Sonae (adaptado de *Relatório de Gestão 2013*)

Em 1985, a Sonae MC (Modelo Continente) revolucionou os hábitos de consumo do panorama comercial português com a implementação do primeiro hipermercado em Portugal: o Continente de Matosinhos. Ao longo das últimas décadas tem vindo a desenvolver conceitos de loja adaptados ao mercado e respondendo de forma eficaz às necessidades do consumidor.

Atualmente é a empresa líder no mercado nacional de retalho alimentar<sup>2</sup> e dedica-se à gestão das insígnias do grupo: Continente, Continente Modelo e Continente Bom Dia. É também responsável pela cadeia de cafetarias e refeições ligeiras Bom Bocado, a marca especialista na área da saúde, bem-estar e ótica Well's, a livraria, papelaria e tabacaria Note! e as lojas de proximidade em formato de *franchising* Meu Super. Na totalidade, opera 465 lojas diretamente e detém 83 lojas sob acordos de *franchising* e *joint-venture*.

O crescimento proliferado do setor originou, em 2011, a criação da Direção Conceção Loja (DCL) da Sonae MC com o objetivo de responder eficazmente ao mercado competitivo através de estratégias internas de crescimento, expansão e solidificação que se têm vindo a traduzir num aumento contínuo de qualidade do conceito e da marca Continente<sup>3</sup> junto dos consumidores. O presente trabalho, no âmbito do projeto *Call for Solutions*, desenvolveu-se na equipa de Arquitetura e Design daquela direção (DCL) da Sonae MC. Esta equipa é responsável pelo desenvolvimento dos projetos de arquitetura (até ao nível de Projeto Base) das insígnias anteriormente apresentadas e pelos conceitos inerentes a cada uma delas. Define, também, as soluções de acabamentos, revestimentos e materiais utilizados nas lojas. Internamente interage e colabora ao longo de todo o processo próprio de cada projeto com as equipas integrantes da DCL: Equipamentos e Design, Comunicação e Experiência de Loja e Merchandising. Paralelamente opera com a Direção Equipamentos e Construção (DEC), responsável pela compra de equipamentos e execução de obras; com a Direção Técnica (DT), coordenadora dos projetos das várias especialidades; e com a Direção Espaço, responsável pela organização e *layout* das áreas de vendas, retaguarda e espaços exteriores. Colabora a jusante com as equipas externas envolvidas e encarregues pelos projetos de execução e, ainda, no acompanhamento de todas as fases de obra.

## 2.2. AS INSÍGNIAS CONTINENTE

*“Ao longo dos últimos 25 anos, o Continente reinventou-se como marca, acompanhando a evolução dos tempos e procurando estar cada vez mais próximo dos portugueses.”*

*Miguel Osório, Direção de Marketing*

A Sonae MC tem vindo, desde o início da sua atividade no setor do retalho alimentar, a acompanhar a evolução dos tempos. Este *acompanhamento* traduz-se na consolidação, readaptação e expansão das suas marcas. De facto, o Continente estabeleceu-se, em 1985, como a primeira marca revolucionária de hipermercados *stand-alone* e compreende hoje uma gama de conceitos de retalho alimentar que vai muito além do conceito tradicional de hipermercado inicialmente criado.

Essa gama de conceitos pode definir-se como as insígnias do grupo Continente. Entenda-se por insígnia a marca utilizada para a identificação e distinção dos vários formatos de supermercados e que, para efeitos do presente trabalho, se consideram apenas como sendo três: Continente Hipermercados, Continente Modelo e Continente Bom Dia. Em 2010, a Sonae MC deu início à renovação da imagem e do conceito inerentes a cada uma destas três insígnias com o objetivo de continuar a *acompanhar a evolução dos tempos*.

Com o aumento da competitividade no setor do retalho, a imagem e o conceito de loja assumem especial importância nas decisões de compra dos clientes e, consequentemente, no sucesso a longo prazo dos

---

<sup>2</sup> Segundo, por exemplo, o inquérito Homescan da A.C.Nielsen até 15 de Junho de 2014.

<sup>3</sup> A utilização de “marca Continente” pretende englobar todas as insígnias do grupo geridas pela DCL.

retalhistas. De acordo com Martineau (1958), a imagem e o conceito de loja traduzem-se na forma como está definida na mente do consumidor, quer pelas qualidades funcionais, quer pelas atitudes psicológicas. O resultado da imagem da loja é, portanto, o conjunto de todos os atributos físicos e psicológicos interpretados pelo cliente (acessos, integração urbana, geometria da envolvente, disposição espacial dos produtos e equipamentos, materiais, cores, iluminação, cheiros, entre muitos outros fatores). Segundo Castro, A. (2007), os clientes, para além de comprarem produtos e serviços que satisfazem as suas necessidades, compram imagens. Este poderá ser um dos motivos pelo qual muitos clientes preferem uma loja em detrimento de outra, ainda que ambas ofereçam o mesmo produto ou serviço a um preço semelhante.

No âmbito do presente estudo pretende-se analisar o potencial de redução de custos com a otimização de determinadas propriedades que definem os edifícios. A insígnia Continente Modelo foi aquela que relevou maior interesse de estudo por parte da DCL e do autor. As razões que justificam centrar o estudo nesta insígnia relacionam-se, essencialmente, com o tipo de construção do edifício (em *stand-alone*) e com outros fatores explorados em capítulo próprio.

Importa, primeiramente, abordar de modo resumido as três insígnias Continente quanto ao seu conceito de renovação de imagem de loja. De facto, Le Corbusier (1923) afirma que *a planta se procede de dentro para fora; o exterior é resultado de um interior*. Assim, a conceção da envolvente dos edifícios advém, como se concluirá à frente, do conceito (no seu sentido mais amplo) inerente a cada uma das insígnias.

#### 2.2.1. CONTINENTE

Os hipermercados Continente surgiram, pela primeira vez, no final do passado século XX associados aos grandes centros urbanos. Os primeiros espaços, construídos em formato *stand-alone* com uma área de venda bruta superior a 3500 m<sup>2</sup>, foram integrados em centros comerciais possibilitando uma oferta de produtos a um público massificado sem precedentes.

Atualmente existem 40 hipermercados Continente localizados em centros urbanos e mais de metade inseridos nos principais centros comerciais do país, com uma área média de cerca de 7000 m<sup>2</sup>.

Recentemente, a Sonae MC direcionou a marca Continente para o futuro, repensando todo o conceito de loja desde o princípio. A renovação de imagem pretende recriar os diferentes ambientes dos mercados tradicionais, lojas de retalho e armazéns focados na criação de uma nova experiência de compra; promovendo a frescura, a conveniência, a variedade e a familiaridade. Cenários típicos são recriados originando uma certa nostalgia nos clientes, a qual acrescenta valor e um lado humano à experiência de compra. Inspirado nas mais recentes correntes, mercados tradicionais e lojas especializadas não alimentar, a Sonae MC tem desenvolvido um design de loja atrativo, com cores neutras e grafismos urbanos.

Estas técnicas inovadoras estimulam a compra. De facto, segundo o Relatório de Gestão de 2013 da Sonae, a implementação do conceito, denominado por *Hiper do Futuro*, num hipermercado Continente (Cascais), resultou num aumento de 12% de vendas líquidas por metro quadrado com uma redução de 10% de área.

A recente renovação de conceito e imagem da insígnia introduz profundas alterações a nível arquitetónico. Efetivamente, as transformações que têm vindo a ser introduzidas nos espaços Continente abertos de raiz ou remodelados, excedem o âmbito puramente estético ou comunicativo da marca. Existem dois elementos que importam descrever: o *layout* e a fachada. Ambos têm sido alvo de

renovação e melhoria ao longo dos últimos anos e alteram significativamente a percepção interna e externa da loja por parte do cliente. O *layout* é a base da conceção da área de venda – os equipamentos e produtos definem a configuração racional do espaço. Todos os restantes elementos (decoração, comunicação, ...) concretizam os diferentes *universos* e dependem do conceito permanente associado a cada um desses e, também, do conceito sazonal. A envolvente, barreira física entre o espaço interior racionalmente definido e um espaço exterior heterogeneamente criado deve transmitir de uma forma integrada, económica e sustentável, o conceito desenvolvido internamente para a insígnia.

O *layout* de loja foi totalmente repensado a nível funcional e operacional. Entenda-se por *layout* a configuração espacial de todos os constituintes estáticos (materiais, equipamentos, produtos) que determinam os fluxos de fatores dinâmicos como os clientes ou os equipamentos móveis. Segundo Lim, J. (1997) o planeamento e a otimização contínua de um determinado *layout* propicia um maior prazer de compra, traduzindo-se num conjunto de emoções agradáveis experienciadas pelo cliente durante a sua estadia em loja. De acordo com um estudo realizado em países europeus por Yeung et al. (2013), o prazer de compra assume maior importância em países cujos níveis de educação são inferiores. Por outro lado, países com elevados níveis de educação procuram satisfação em relação ao produto em detrimento do prazer de compra.

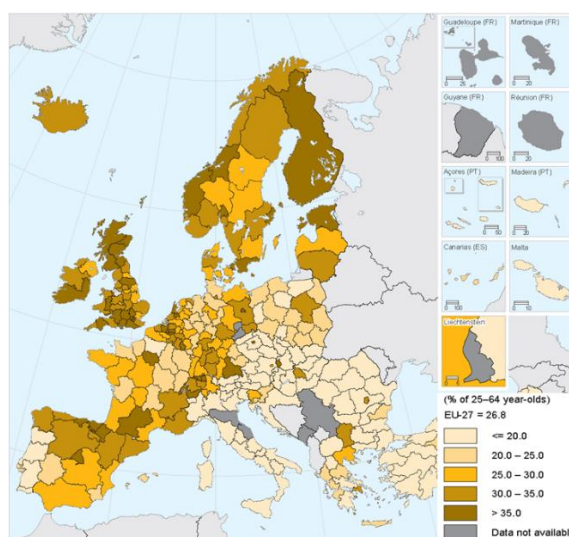


Figura 2.2 – Distribuição da população com idade entre os 25 e os 64 anos com educação superior (ISCED nível 5 e 6) na Europa em 2011 (adaptado de Eurostat, 2014)

De acordo com a Figura 2.2, observa-se que Portugal apresenta, para uma faixa etária entre os 25 e os 64 anos, uma taxa de população com um nível de educação equivalente ao ensino superior de aproximadamente 20%. Assim, a renovação do conceito de loja através da criação de ambientes tipicamente tradicionais e diferenciados visa, além de uma experiência de compra agradável para o cliente, um aumento de vendas por metro quadrado.

A criação destes ambientes associados aos diferentes *universos* de loja exige, primeiramente, uma organização racional e funcional do *layout*. Teoricamente existe uma linha transversal imaginária que divide a área de vendas em duas zonas: alimentar (mais mercado) e não alimentar, como ilustra a Figura 2.3.



Figura 2.3 – Continente: Organização do *layout* de loja

A entrada principal, localizada à direita com acesso direto à zona de especialistas, possibilita uma visita prolongada pelos diversos universos da loja; por outro lado, a entrada localizada à esquerda, diretamente com acesso à zona alimentar e ao mercado de frescos, permite uma utilização de conveniência, abrangendo diferentes tipos de consumidores.

A organização dos *universos*, ou a macrosegmentação, representada na Figura 2.4, assemelha-se a uma disposição matricial, com gôndolas paralelas a formar ângulos retos, criando corredores de circulação bem definidos de modo a facilitar a orientação e a integração do cliente em loja.

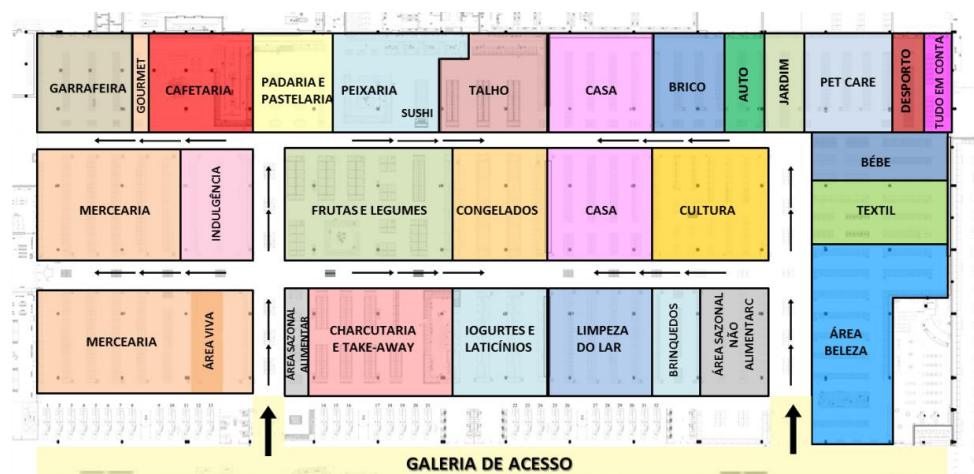


Figura 2.4 – Continente: Macrosegmentação do *layout* de loja

A equipa de Arquitetura e Design da DCL encarrega-se, também, do desenho e projeto inicial da envolvente do edifício. Esta tem sido igualmente adaptada ao conceito, sendo a fachada um dos elementos com maior importância. Esta barreira física, que propicia ou inibe o convite de entrada ao consumidor, tem merecido especial atenção quanto à renovação da sua identidade. Interessa identificar o tipo de fachada principal que tem sido implementada juntamente com a renovação do conceito *Hiper do Futuro*.



Anteriormente ao desenvolvimento do *Hiper do Futuro* o desenho das fachadas baseava-se no típico edifício *stand-alone* com algumas soluções construtivas tipicamente associadas, como por exemplo a chapa metálica ondulada. Hoje, a fachada pretende transmitir a renovação e a reinvenção de imagem da marca, com graduais preocupações da equipa em explorar soluções e materiais inovadores com custos controlados. A solução utilizada consiste, normalmente, na introdução de um ripado de alumínio vertical com um acabamento com efeito de carvalho e na remodelação do pórtico metálico previamente existente juntamente com o ripado de sombreamento horizontal – *brise-soleil* – como se ilustra na Figura 2.5. Esta fachada surge usualmente desfasada da estrutura envolvente do edifício, criando uma galeria exterior coberta. Sem considerar questões técnicas, como por exemplo o nível de sombreamento, a resistência mecânica ou a durabilidade, a nova *porta de entrada* da insígnia Continente apresenta linhas simples, bem definidas, e cores neutras, perfazendo assim uma imagem mais natural e renovada.



Figura 2.5 – Fachada principal (Hiper do Futuro): a. Loja de Évora; b. Loja de Portimão

### 2.2.2. CONTINENTE MODELO

A insígnia Continente Modelo insere-se habitualmente em edifícios com formato *stand-alone* ou integrados e apresenta áreas superiores a 1500 m<sup>2</sup> e inferiores a 3500 m<sup>2</sup>.

Tal como nos hipermercados, o conceito de *Hiper do Futuro* tem sido replicado nesta insígnia proporcionalmente à dimensão da loja.

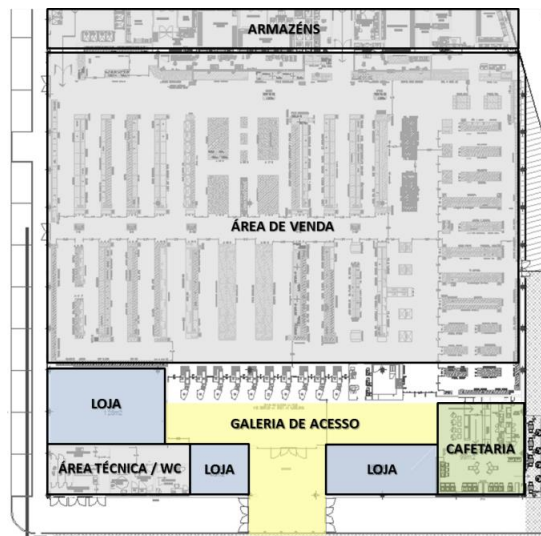
Caracterizado como um *hipermercado de proximidade* pela Sonae, concentra, normalmente, no mesmo edifício do supermercado lojas do grupo Sonae como a Worten, a Sport Zone ou a MO, possibilitando uma oferta diversificada de serviços a centros populacionais de média dimensão ou em expansão.

O facto de esta insígnia associar no seu edifício outras lojas de um negócio core do grupo (Sonae SR) diferente daquele que gere as três insígnias de hipermercados e supermercados (Sonae MC) resulta, frequentemente, numa conceção do edifício diferente daquela praticada pela Sonae MC.

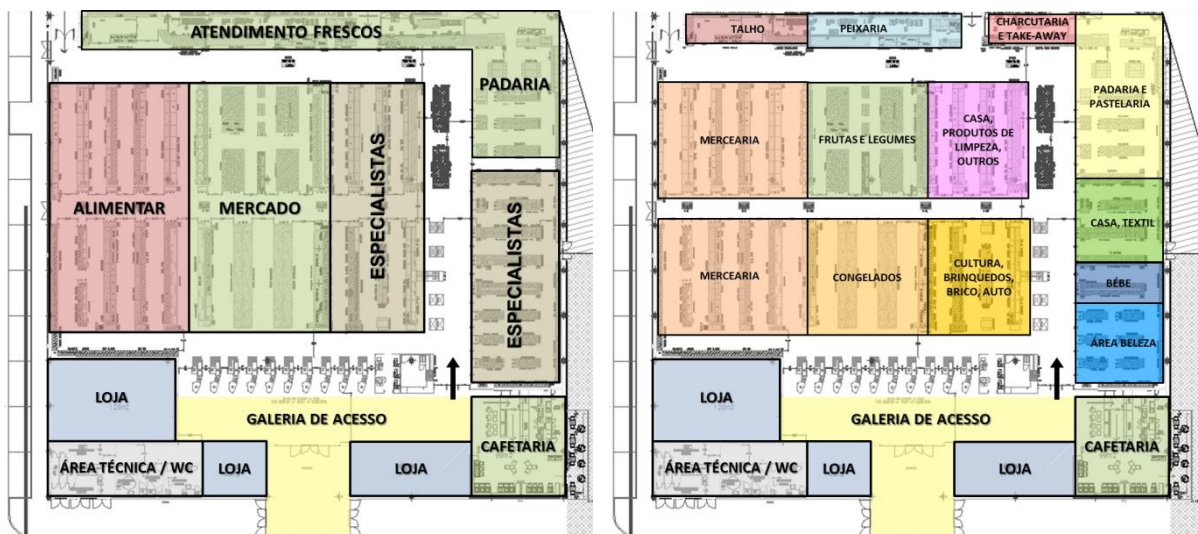
Assim, apesar da DCL ser responsável pela conceção e definição do conceito da insígnia Continente Modelo e pela sua respetiva implementação no interior de loja (área de vendas), nem sempre tem um papel determinante no projeto da envolvente do edifício onde se insere.

O *layout* do edifício onde se insere compreende, frequentemente, como se ilustra na Figura 2.6, várias lojas do grupo. Esse é o motivo pelo qual a envolvente, nomeadamente a fachada, seja, por vezes, a interface entre exterior e interior de diferentes lojas que não o Continente Modelo.



Figura 2.6 – Continente Modelo: *layout* de loja

A organização funcional do *layout*, apresentada na Figura 2.7, evidencia uma redução da oferta da zona de especialistas e o esforço em manter áreas com produtos de conveniência, expressando assim o conceito associado à insígnia de *hiper de proximidade*. Devido à sua dimensão – reduzida quando comparada com um hipermercado – apresenta apenas uma entrada para a loja.

Figura 2.7 – Continente Modelo: Macro segmentação do *layout* de loja

Apesar de se observar a presença da insígnia Continente Modelo em edifícios de formato *stand-alone*, a sua identificação através da envolvente não seria clara na ausência dos reclusos caracterizadores da marca. Esta diversidade de fachadas, como se pode constatar através de alguns exemplos ilustrados na Figura 2.8, deve-se essencialmente a duas questões: a primeira, anteriormente abordada, relaciona-se com o facto de não se verificar sempre a mesma equipa a projetar a envolvente; a segunda, está associada a outros fatores como a integração urbana, o licenciamento ou as parcerias contratuais (e.g. *joint*

venture), que impossibilitam, por vezes, reproduzir uma envolvente uniforme e transversal aos diferentes projetos.



Figura 2.8 – Diversidade de fachadas da insígnia Continente Modelo: a. Santa Maria da Feira (2012); b. Cacém (2013); c. Lagos (2013)

Note-se que a variedade de fachadas verifica-se também, como será demonstrado à frente, nas soluções construtivas utilizadas.

A equipa de Arquitetura e Design da DCL tem procurado, como é visível nos últimos projetos realizados, uniformizar, de certa forma, o conceito transmitido pela envolvente. Essa uniformização tem seguido um raciocínio semelhante àquele que tem sido estudado (e implementado) nos edifícios *stand-alone* da insígnia Continente.

A nova imagem (Figura 2.9), implementada essencialmente ao nível da fachada principal e à semelhança do que se ilustra na Figura 2.5, acrescenta uma linguagem arquitetónica simples que se traduz na galeria de acesso em pórtico coberto e nos elementos que a definem (sombreamento horizontal *brise-soleil*, ripado vertical, estrutura de vidro de acesso e, por vezes, esplanada da insígnia Bom Bocado).



Figura 2.9 – Continente Modelo: novo conceito para a fachada principal

### 2.2.3. CONTINENTE BOM DIA

O Continente Bom Dia substituiu, em 2011, os antigos supermercados Modelo Bonjour. O formato da loja, *stand-alone* ou integrado, compreende um área de vendas com dimensão inferior a 1500 m<sup>2</sup>. As reduzidas dimensões de área comparativamente às outras insígnias propiciam a sua implantação em espaços comerciais pré-existentis ou em edifícios antigos devolutos com reaproveitamento da estrutura, como por exemplo fábricas antigas ou garagens industriais do primeiro Modernismo em Portugal. (Amaral, 2014)

Esta insígnia, com um posicionamento estratégico no mercado do retalho, caracteriza-se pela proximidade com o consumidor, reinterpretando uma loja de conveniência ao nível do bairro com um conceito tradicionalmente português.

O interior de loja foi recriado através da introdução de elementos caracterizadores do espaço, como os pórticos metálicos ou as estruturas em madeira suspensas sobre o mercado, de modo a reproduzir a imagem de mercado tradicional. Os materiais utilizados, como o mosaico hidráulico e a cortiça, associados à simplicidade arquitetónica traduzida pela geometria simples, iluminação quente e cores neutras, remetem o cliente para um ambiente simultaneamente contemporâneo e nostálgico.

Esta renovação de conceito abrange, também, toda a envolvente exterior. De facto, a fachada funciona como o elemento convidativo e harmonioso do espaço circundante, proporcionando uma linguagem arquitetónica coerente entre exterior e interior como se ilustra na Figura 2.10.



Figura 2.10 – Continente Bom Dia: novo conceito a. Interior de loja; e b. Exterior de loja



# 3

## ANÁLISE E CARACTERIZAÇÃO DE EDIFÍCIOS DE RETALHO

*“O benchmarking é um processo teleológico operando dentro de uma organização com o objetivo de alterar intencionalmente um estado de coisas existente num estado de coisas superior”*

Moriarty et al. (2009)

O *benchmarking* pode ser definido como o processo sistemático e contínuo de comparação de produtos, processos, serviços, soluções e resultados entre organizações cujo principal objetivo é a melhoria e aperfeiçoamento de um determinado objeto de estudo.

Esta técnica é frequentemente utilizada por grandes grupos de modo a perceberem e compararem o seu desempenho com o dos seus concorrentes. Pode, porém, utilizar-se na comparação de grupos com atividades de negócio completamente distintas, mas cujas práticas, processos ou soluções podem ser readaptadas e implementadas em diferentes mercados.

Segundo Watson (1993) o *benchmarking* representa um processo de adaptação organizacional no qual o objetivo não é simplesmente copiar os outros, mas aprender como melhorar. De facto, o desenvolvimento competitivo das organizações está associado a um processo contínuo de análise e implementação de soluções, sendo necessário que cada empresa se assuma como um sistema flexível em aprendizagem permanente e mudança contínua.

No âmbito do presente trabalho interessa realizar um *benchmarking* ao nível das soluções e sistemas construtivos utilizados por diferentes grupos retalhistas nos seus edifícios. Esta análise permite uma comparação objetiva e, também, uma possível aprendizagem das melhores práticas a nível arquitetónico e tecnológico passíveis de serem (ou não) implementadas nos edifícios *stand-alone* Continente Modelo à luz dos conceitos desenvolvidos para esta insígnia pela Sonae MC.



### 3.1. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO

As soluções arquitetónicas e tecnológicas dos sistemas constituintes dos edifícios de retalho acompanharam até à década de 80/90 a evolução dos edifícios residenciais. Antes do aparecimento das grandes superfícies comerciais em formato *stand-alone*, os negócios de retalho eram projetados ou integrados em edifícios de construção comum. A Figura 3.1 ilustra, à esquerda, um edifício da Marks & Spencer de 1960 em Manchester e, à direita, um edifício da Sainsbury's de 1990 em Brighton.



Figura 3.1 – a. Marks & Spencer em Manchester, 1960 (adaptado de Chethamsco 's Library, Newbold Collection); b. Sainsbury's em Brighton, 1990 (adaptado de Daily Mail)

A construção de superfícies comerciais em formato *stand-alone* veio introduzir soluções construtivas inovadoras e altamente rentáveis aos grupos do setor. Um exemplo de uma dessas soluções é a chapa metálica ondulada utilizada globalmente na fachada deste tipo de edifícios (ver Figura 3.2). Apesar de constituir uma solução económica e bastante simples do ponto de vista construtivo tem vindo, ao longo de três décadas, a definir a envolvente destes edifícios.



Figura 3.2 – Sistema construtivo em chapa metálica: a. Fachada lateral de um edifício Continente Modelo; b. Fachada principal de um edifício do grupo Tesco, na Hungria (adaptado de Óbuda Group)

Atualmente os grupos retalhistas tendem, cada vez mais, a eliminar este sistema da fachada principal de modo a aumentar a sua visibilidade e diferenciação no mercado dos *armazéns comerciais*.

Durante vários anos as grandes cadeias de supermercados concentraram a sua atividade na expansão territorial, sem que a questão sustentável das suas construções tivesse especial enfoque. Contudo, com

o aumento da competitividade e a consequente afirmação de diversas marcas no mercado, as soluções inovadoras de sistemas construtivos, a imagem transmitida pelas construções e o seu respetivo desempenho durante o período de vida útil do supermercado têm vindo, mais do que nunca, a ser uma prioridade no projeto de edifícios de retalho.

As questões de sustentabilidade abordadas no setor do retalho não surgem, simplesmente, por razões éticas e ambientalistas. Por sua vez, estas surgem com base numa imagem que os retalhistas pretendem associar às suas marcas originando, consequentemente, um aumento da procura dos seus produtos. Contudo, a implementação de medidas sustentáveis desde a conceção inicial até à fase de exploração dos seus edifícios permitem, para além do *carimbo* de aprovação por parte do consumidor e comunidade onde se inserem, uma redução de custos, do impacte ambiental e naturalmente da pegada ecológica.

Com base nesta preocupação, inicialmente apoiada em questões relacionadas com a sustentabilidade, os grandes retalhistas começam a adotar soluções que expressam essa *vontade* de contribuir para um mundo melhor, evidenciando a sua imagem e posição no mercado através de soluções inovadoras para os sistemas constituintes das suas lojas e consequentemente uma otimização dos seus edifícios.

Seguidamente apresentam-se algumas soluções implementadas por diversas marcas retalhistas na conceção, renovação e tratamento dos sistemas que constituem os seus edifícios *stand-alone* à luz de diretrizes e planos assentes em questões de sustentabilidade, inovação e consequentemente um aumento do rendimento económico das construções, seja em fases iniciais ou de exploração.

### 3.2. GRUPOS RETALHISTAS

Existem milhares de empresas de retalho alimentar e especializado em todo o mundo. Contudo, existem grupos internacionalmente reconhecidos, não só pela dimensão que assumem no mercado, mas também pelos seus ideais e cultura de negócio que se traduzem em práticas arquitetónicas e construtivas que interessam explorar.

Neste capítulo exploram-se algumas das soluções arquitetónicas e tecnológicas implementadas nos edifícios de grupos retalhistas com elevada expressão a nível internacional e também a nível nacional.

#### 3.2.1. MARKS & SPENCER

A Marks & Spencer foi fundada em 1884 é, atualmente, uma referência no setor retalhista do Reino Unido com um total de 840 lojas espalhadas em mais de 30 países. As suas políticas sociais e ambientais são internacionalmente reconhecidas, sendo uma referência no setor do retalho em questões de sustentabilidade na construção dos seus edifícios.

Em 2007, lançou uma campanha *protetora do planeta* denominada de *Plan A* na qual foram definidos 100 compromissos a alcançar no período de 5 anos. Através desse plano estratégico provaram que a implementação de diversas medidas sustentáveis faz todo sentido não só do ponto de vista ambiental, mas também para o negócio em si. No presente ano, 2014, reformularam os 100 compromissos com o objetivo final de se tornarem no retalhista mais sustentável do mundo. Para tal, as suas políticas de sustentabilidade têm sido implementadas (e continuamente melhoradas) nas mais diversas áreas: desde o rastreamento dos produtos, à proteção de ecossistemas ou na construção das suas lojas.

De acordo com Clem Constatine, diretor de propriedade e conceção de loja do grupo, a construção dos edifícios representa uma parcela considerável do plano. A Marks & Spencer propõe, no seu manual de construção sustentável – *Sustainable Construction Manual* – projetar diversas lojas que permitam

desenvolver e aprofundar o seu conhecimento em construção sustentável através da criação de edifícios que:

- Sejam *carbon-neutral* (ou seja, que não contribuam, negativamente, para a emissão de gases de estufa);
- Sejam construídos por materiais 100% reciclados;
- Sejam constituídos por materiais 100% recicláveis quando renovados ou destruídos;
- Tenham um impacto positivo na biodiversidade;
- Resilientes às alterações climáticas;
- Tragam novos benefícios às comunidades onde se inserem.

O grupo define ainda princípios específicos que tem vindo a aplicar (e pretende continuar) nas suas construções com vista à minimização de consumos energéticos com iluminação, aquecimento, arrefecimento e ventilação (ver Quadro 3.1).

Quadro 3.1 – Princípios para a minimização de consumos energéticos (adaptado de Marks & Spencer, *Sustainable Construction Manual*, 2010)

PRINCÍPIO	DESCRIÇÃO
Iluminação Natural	Claraboias, tubos solares, superfícies refletoras, <i>clerestory glazing</i> (janelas na zona superior da fachada).
Iluminação Artificial LEDs	Especificar vida útil / envelhecimento de sistema LEDs. Avaliação LM 80 e TM 21.
Coordenação Iluminação Natural e Artificial	Sensores autorreguláveis de iluminação.
Sensores de Movimento	Áreas técnicas / armazéns / etc.
Reduzir Ganhos Solares	Estudo da geometria solar e sombreamento efetivo
Ventilação Natural	Prever ventilação natural noturna
Controlar Perdas Térmicas	Usar entradas em T, L ou utilizar portas giratórias de modo a controlar a ventilação e as trocas térmicas
	Especificar isolamento térmico otimizado
Promover inércia térmica elevada	Criar oportunidades para explorar massa térmica do edifício através de construção pesada

Com a criação de edifícios que integrem os pontos anteriormente enumerados, o grupo pretende atingir a classificação “*Excellent*” pela certificação BREEAM<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> O BREEAM, Building Research Establishment Environment Assessment Method, é um método de avaliação ambiental de edifícios e amplamente aplicado em todo o mundo. Define os mais altos padrões de qualidade em desenho e arquitetura sustentável, sendo atualmente o modelo de referência utilizado para o desempenho ambiental de um edifício. (BRE Group, 2015) Originário do Reino Unido durante a década de 90, é continuamente atualizado de modo a corresponder aos avanços tecnológicos do mercado. Esta metodologia contempla um conjunto de indicadores de sustentabilidade com diferentes ponderações.



Contudo, Steve Fuller, diretor de construção e arquitetura de loja, reconhece que o grupo por si só não consegue concretizar os objetivos e adotar as linhas estratégicas do plano, sendo que é indispensável a contribuição de todos os intervenientes ao longo do projeto.

Uma das primeiras lojas do grupo que evidencia a preocupação na conceção do edifício à luz do “Plan A” é a loja de Ecclesall Road, em Sheffield (Reino Unido), ilustrada na Figura 3.3.



Figura 3.3 – Marks & Spencer em Sheffield, Reino Unido: a. Fachada lateral; b. Fachada principal (adaptado de L&W, 2012)

O edifício foi construído na localização de uma antiga garagem de automóveis e compreende uma área total de aproximadamente 2000 m<sup>2</sup> (1200 m<sup>2</sup> de área de vendas). Durante a sua construção foram reaproveitados 98% dos materiais provenientes da demolição da garagem e recuperaram-se, também, os tijolos de um antigo moinho em Manchester, conseguindo assim uma redução do total de material utilizado na construção. (L&H, 2012)

O tratamento da fachada lateral através de uma *living wall* – Figura 3.3a. – permitiu reduzir o isolamento térmico e aumentar o sombreamento conferindo uma imagem efetivamente verde ao edifício. A M&S privilegiou, na conceção da fachada principal (ilustrada na Figura 3.3b.), a transparência da frente de loja, através da introdução de vãos envidraçados, e uma entrada acolhedora materializada através de uma cobertura em madeira reutilizada e certificada pela FSC<sup>5</sup>, assegurando, assim, que 100% do material provém de fontes sustentáveis.

A iluminação combina sistemas artificiais eficientes, como os LEDs, e iluminação natural através de tubos solares na cobertura e vãos envidraçados na frente de loja. Outras soluções foram implementadas, como por exemplo a utilização do pavimento em betão polido evitando a utilização de revestimentos; ou um coletor de águas pluviais para descarga e irrigação das casas de banho e da parede de plantas, respetivamente.

<sup>5</sup> Forest Stewardship Council

Uma outra loja do grupo, em Stratford, Londres, expressa soluções inovadoras e alternativas no tratamento da sua fachada (Figura 3.4)



Figura 3.4 – Marks & Spencer em Stratford City, Londres (adaptado de M&S Stratford City Sustainable Store, 2014)

A solução construtiva traduz-se numa fachada ventilada, com painéis de vidro, painéis fenólicos e estruturas de sombreamento em madeira. Os materiais, 100% recicláveis, substituem o reboco tradicional contribuindo para uma imagem moderna com cores neutras e linhas bem definidas.

Uma solução interessante implementada pela marca consiste num método de ventilação alternativo – *Displacement Ventilation System*<sup>6</sup>. Utilizado desde os anos 70 na Europa do Norte, este sistema permite reduzir significativamente os consumos energéticos através da insuflação de ar frio exterior e extração de ar quente interior. (Architectural Energy Corporation)

Por último, a uma escala superior, a M&S em Cheshire Oaks é a maior loja<sup>7</sup> do grupo alguma vez construída e, também, uma das mais sustentáveis do mundo com esta dimensão.



Figura 3.5 – Marks & Spencer em Cheshire Oaks, Reino Unido: a. Fachada principal em fase de construção; b. Fachada principal (adaptado de Building, Sustainable Supermarket, 2012)

---

<sup>6</sup> Saiba mais em:

[http://energydesignresources.com/media/1723/EDR\\_DesignBriefs\\_displacementventilation.pdf?tracked=true](http://energydesignresources.com/media/1723/EDR_DesignBriefs_displacementventilation.pdf?tracked=true)

<sup>7</sup> Aproximadamente 19.400 m<sup>2</sup>

Este edifício contempla um conjunto de sistemas inovadores que lhe conferem uma identidade única.

A fachada do edifício (Figura 3.5) é composta por painéis pré-fabricados de 400 mm de espessura em *hempcrete*<sup>8</sup> que cobrem cerca de 2600 m<sup>2</sup> de parede exterior e, ainda, por painéis em vidro.

O sombreamento, em *brise-soleil*, é composto por elementos em cedro e foi estrategicamente posicionado de modo a controlar os ganhos solares e consequentemente o desempenho energético do edifício. (Green Building Council, 2012)

A estrutura de suporte da fachada, uma grelha em madeira lamelada colada (*glulam*), evidencia uma filosofia modular inerente ao projeto de conceção, permitindo uma organização dos elementos constituintes da fachada de uma forma harmoniosa e eficiente do ponto de vista arquitetónico e tecnológico, respetivamente.

O edifício final, aparentemente arrojado em termos de soluções construtivas inovadoras, apresentou, de acordo com o Relatório de Avaliação de Performance (2013), um custo inicial elevado quando comparado com um edifício tradicional. Contudo, as soluções implementadas na loja de Cheshire Oaks permitem uma redução energética em fase de exploração de 42%, permitindo um retorno do investimento inicial no prazo de 17 anos. (Faithful Gould, 2013)

Para além da comparação objetiva de custos de soluções inovadoras (implementadas) e soluções tradicionais (de outros edifícios), é pertinente pensar numa comparação menos objetiva relacionada com o crescimento de vendas associado ao conceito do edifício. De facto, é difícil quantificar se uma solução arquitetónica e construtiva inovadora, ainda que apresente custos superiores a uma tradicional, atrai um maior número de clientes à loja e consequentemente um aumento do número de vendas.

Outras soluções, como a introdução de claraboias, estrategicamente posicionadas segundo o norte, ou os vãos envidraçados ao nível superior que favorecem a iluminação natural do edifício contribuem para a composição dos sistemas constituintes do edifício. Alguns dos sistemas apresentados ilustram-se, simplificadaamente, na Figura 3.6.

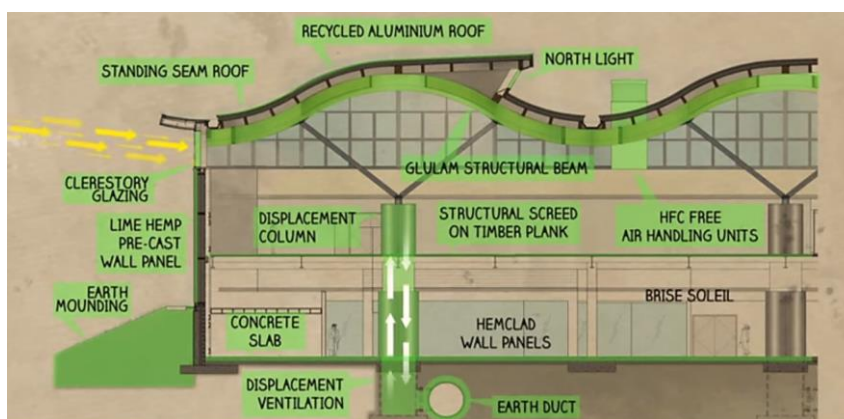


Figura 3.6 – Ilustração de sistemas construtivos constituintes da M&S de Cheshire Oaks

<sup>8</sup> O *hempcrete* é uma mistura composta por cânhamo e cal (hidráulica ou pozolânica). Os painéis em *hempcrete* apresentam um coeficiente de transmissão térmica,  $U$ , muito reduzido (aproximadamente 0.12 W/m<sup>2</sup>) e representam uma solução de baixo impacto na pegada de carbono.

### 3.2.2. TESCO

A Tesco é uma multinacional fundada por Jack Cohen em 1919 no Reino Unido. Presente em 12 países, é uma das maiores empresas no setor do retalho com um total de 530 mil colaboradores.

A sua missão a longo prazo é bem clara: “*Become a carbon-zero retailer by 2050*”. Para atingir esse objetivo a Tesco tem procurado desenvolver, além de outras medidas de melhoria, *carbon-zero stores*. Essas lojas, apelidadas de “especiais” pelo próprio grupo, consistem em edifícios com sistemas adaptados ao ambiente onde se inserem, materiais recicláveis e tecnologias inovadoras.

Algumas das medidas que contribuem significativamente para a redução energética e consequentemente para a redução da pegada de carbono que têm vindo a ser implementadas pela Tesco nas suas *carbon-zero stores* descrevem-se seguidamente:

- Aquecimento e arrefecimento: os sistemas AVAC utilizados nas novas lojas *carbon-zero* permitem uma redução energética de 66% quando comparadas com lojas tradicionais. Essa redução é conseguida, entre outras, através das seguintes soluções:
  - Ventilação natural: utilização de sistemas *windcatchers* na cobertura de forma a permitir transferências de ar através de fluxos térmicos;
  - Estrutura de entrada independente – *lobby* – que evita transferências térmicas entre o interior e o exterior da loja.
- Iluminação: os sistemas de iluminação representam uma parcela muito significativa no consumo energético das lojas do grupo. Por esse mesmo motivo a Tesco tem procurado reduzir a fatura energética através de:
  - Iluminação natural recorrendo a *rooflights* (claraboias) na cobertura que permitem a entrada de luz natural diretamente no espaço interior da loja;
  - Iluminação artificial através de sistemas LEDs;
  - Tubos solares nas zonas de retaguarda dos edifícios (áreas técnicas, armazéns, etc.);
  - Sistemas de controlo automático que permitem regular a iluminação artificial de acordo com a intensidade de luz natural;
- Refrigeração: todos os equipamentos de frio (frigoríficos e congeladores) utilizam o dióxido de carbono como refrigerante natural, ao contrário do tradicional HFC (hidrofluorcarbono), o que permite reduzir drasticamente o impacto ambiental. Todos os equipamentos são também equipados com portas;
- Outras: existem outros sistemas nas *carbon-zero stores* como, por exemplo, a existência de uma estrutura resistente em madeira proveniente de fontes sustentáveis em detrimento do aço estrutural que permite reduzir até uma tonelada de carbono por cada metro cúbico devido ao processo de produção; as águas pluviais são aproveitadas para um sistema de descarga das instalações sanitárias e para lavagem de automóveis; painéis fotovoltaicos na cobertura e fachada. (Tesco, 2014)

Atualmente o grupo compreende seis lojas deste tipo: quatro localizadas no Reino Unido, uma na Tailândia e outra na República Checa. De acordo com o relatório do grupo, as lojas do Reino Unido, além de operarem com emissões nulas de carbono, produzem, através de fontes de energia renováveis, 7% mais energia do que aquela necessária nas suas lojas, a qual introduzem na rede elétrica pública.



Exemplo de uma dessas construções é a loja construída em Stretford, Manchester, em 2012. Além de integrar grande parte das medidas anteriormente descritas, a loja ostenta uma envolvente transparente e clara que evidencia o interior da loja. A solução de fachada foi desenvolvida pela Technal e consiste numa fachada-cortina composta por painéis em vidro, painéis metálicos e revestimento em *glulam*<sup>9</sup>, como se ilustra na Figura 3.7.



Figura 3.7 – Tesco em Manchester, Reino Unido (adaptado de NG Developments, 2012)

Em Bedworth (Reino Unido), a *super* loja de 6000 m<sup>2</sup> de área, apresenta outro tipo de envolvente. A fachada, concebida pela Tata Steel, é um sistema ventilado composto por painéis de revestimento *Eurobond Rockspan* – uma solução modular que permite conjugar diferentes tipos de revestimento.



Figura 3.8 – Tesco em Bedworth, Reino Unido (adaptado de ColorCoat, 2013)

<sup>9</sup> Glued Laminated Timber ou, em português, madeira lamelada colada.

### 3.2.3. WAITROSE

A Waitrose é outra cadeia de supermercados com uma atividade centrada essencialmente no Reino Unido. Fundada em 1904, conta atualmente com 305 lojas espalhadas pelo Reino Unido e um volume de vendas superior a £6bn<sup>10</sup>. O grupo de retalho alimentar encontra-se hoje associado ao grupo de retalho especializado John Lewis, com o qual partilha diretrizes e planos de crescimento e sustentabilidade dos seus negócios.

O grupo (considerado daqui em diante constituído pela parceria entre Waitrose e John Lewis) apresenta um plano estratégico para os próximos 10 anos no que respeita à construção e reabilitação do seu portfolio de lojas. Esse plano tem por base uma oportunidade única para o grupo desenvolver e implementar novos *standards* de modo a minimizar o seu impacto ambiental e social nas comunidades onde as suas lojas se inserem.

O plano iniciou-se pelo desenvolvimento conceptual de um edifício sustentável e posteriormente pela definição de etapas que promovem a concretização de tal construção. Esse edifício procurou estabelecer de modo claro o conceito de uma construção confortável, eficiente, com custos operacionais baixos e com um reduzido impacto ambiental. De acordo com o grupo, este plano não pretende ser apenas um conjunto de promessas vagas para o seu futuro; por outro lado, o plano pretende apresentar um conjunto de medidas práticas de acordo com os objetivos do grupo, assentes genuinamente em princípios sustentáveis. Por fim, o plano incorpora também uma visão inovadora na procura contínua de melhorias.

Jonathon Porritt, diretor do *Forum for the Future* do grupo, afirma que para alcançar os objetivos e desenvolver projetos com base nas etapas definidas por determinado plano, é fundamental que todos os intervenientes (projetistas, construtores, etc.) apontem na mesma direção, i.e., procurem desenvolver as suas atividades com base nos mesmos princípios.

A justificação de tal plano assenta, entre outros, no aumento de legislação, taxas, iniciativas e competitividade no que respeita à construção sustentável. Mais do que nunca, os clientes e gestores questionam acerca do desempenho e outros parâmetros não financeiros das construções. As políticas governamentais, juntamente com a pressão social, têm vindo a alterar a abordagem do mercado e do setor construtivo; construção sustentável significa hoje um conjunto de parâmetros que promovem a qualidade de vida dos utilizadores de uma determinada infraestrutura de um modo eficiente e lucrativo, sem que sejam comprometidos fatores ambientais ou económicos.

Uma das lojas construídas atendendo ao plano estratégico do grupo é o edifício *stand-alone* localizado em Bracknell, Inglaterra, construído em 2011 cuja classificação BREEAM foi acreditada como sendo “*Outstanding*”<sup>11</sup>.

---

<sup>10</sup> Aproximadamente 7.5bn de euros. O valor apresentado corresponde às vendas brutas (gross sales) apresentadas no relatório anual de contas do passado ano de 2014.

<sup>11</sup> Note-se que a escala de pontuação final apresenta cinco níveis: *Pass*, *Good*, *Very Good*, *Excellent* e *Outstanding*.



Figura 3.9 – Waitrose em Bracknell, Reino Unido (adaptado de BCSC Gold Awards, 2012)

A área total em planta do edifício é de 3145 m<sup>2</sup>. A orientação do edifício é tal que apresenta a zona de armazéns e área técnicas direcionada segundo o norte, uma vez que é a fachada que recebe menor radiação solar durante todo o ano; as fachadas com envidraçados estão orientadas segundo o sul e oeste, onde se verifica a presença de estruturas que promovem o sombreamento das mesmas.

Este edifício apresenta um conjunto de medidas e sistemas muito interessantes do ponto de vista da sustentabilidade e inovação no setor do retalho, como por exemplo:

- Uma central de produção de energia primária própria (a partir de fontes locais de madeira) que fornece energia para aquecimento, arrefecimento e iluminação da loja;
- Um sistema totalmente automatizado de gestão de energia durante 24h/dia que se reajusta aos consumos energéticos;
- Sistemas de refrigeração à base de propano, sem hidrofluorcarbonetos, que permitem uma redução das emissões de carbon até 20%;
- Sistemas de ventilação ao nível do pavimento com sensores da quantidade de CO<sub>2</sub> existente no ar ambiente de modo a propiciar uma melhor qualidade do ar e conforto dos utilizadores;
- Calor produzido a partir do ciclo de refrigeração de frio para aquecimento de espaços;
- Equipamentos de frio com portas e *night blinds* (toldos);
- Sistema de iluminação com sensor de presença automático;
- Medidas com vista à redução dos consumos de água (e.g. reaproveitamento de águas pluviais para descargas sanitárias, ou bancas e lavatórios com regulador de consumos);
- Postos de carregamento para veículos elétricos;

Além das soluções apresentadas, o edifício representa ainda um enorme contributo para a biodiversidade do local:

- A cobertura é constituída por um jardim que promove um habitat natural;
- Presença de uma *living wall*, ou parede-vida;
- Delimitação da área de implantação do edifício através de arborização de reduzida dimensão, ao invés de cercas tradicionais;
- Presença de caixas-ninho (*nest boxes*) para animais voadores como morcegos ou pássaros.

Por último, a construção deste edifício promoveu ainda interação da comunidade, através da criação de um *bug hotel*<sup>12</sup> na zona de estacionamento por parte de escolas primárias locais.



Figura 3.10 – a. Exemplo de um *bug hotel*; b. *Bug hotel* da Waitrose em Bracknell

#### 3.2.4. ALDI

A Aldi, fundada em 1913, é uma multinacional alemã e uma das maiores cadeias de supermercados do mundo. Atualmente compreende mais de 9000 lojas espalhadas por 18 países.

Ao contrário dos grupos anteriores a Aldi não apresenta, publicamente, qualquer plano ou manual para as suas construções. Define, porém, alguns objetivos e medidas que tem vindo a implementar na construção global das suas lojas. A curto prazo a Aldi tem como primeiro objetivo atingir pelo menos uma classificação B creditada pela Energy Performance Certificate (EPC)<sup>13</sup> e a longo prazo construir todas as lojas para atenderem à classificação máxima, A.

O grupo, uma vez que tem uma forte presença de mercado no norte da Europa, procura sistematicamente novas tecnologias que possibilitem através de energia solar ou ganhos térmicos reduzir os consumos energéticos dos seus edifícios. De acordo com o próprio grupo, encontram-se a testar um sistema de recuperação de calor nas suas lojas.

Apesar do grupo não ser totalmente transparente quanto à sua estratégia ou soluções implementadas, é possível constatar que a construção dos seus edifícios *stand-alone* tem evidenciado a preferência do grupo por soluções transparentes, recorrendo frequentemente a soluções de fachadas concretizadas com painéis em vidro ou grelhas metálicas.

A loja em Chiasso, Suíça, inaugurada em 2010, compreende um edifício com dois pisos: área de venda no piso térreo e um parque de estacionamento no elevado. A solução de fachada é constituída por uma “capa” em vidro no piso superior, sem qualquer tipo de isolamento, e por uma alternância de envoltente opaca em alvenaria e vãos envidraçados para o piso inferior (ver Figura 3.11).

<sup>12</sup> Um *bug hotel* é uma construção com materiais naturais, com diferentes dimensões, que tem como principal objetivo abrigar diferentes tipos de insetos.

<sup>13</sup> A certificação de desempenho energética compreende uma classificação de A a G.





Figura 3.11 – Aldi em Chiasso, Suíça (adaptado de Bollinger Baugruppe)

Uma outra loja, em Munique, apresenta uma solução para a fachada do estacionamento localizado num piso superior em grelhas metálicas modulares. (ver Figura 3.12)



Figura 3.12 – Aldi em Munique, Alemanha (adaptado de W. S. Tyler)

Esta solução permite simultaneamente uma ventilação efetiva de uma zona prioritária quanto à qualidade do ar e um conceito arquitetónico completamente distinto do habitual.

A loja de Swan Hill na Austrália, ilustrada na Figura 3.13, apresenta também algumas soluções interessantes na conceção do edifício. Segundo a 1:1 Architects, a fachada principal da loja maioritariamente constituída por vãos envidraçados, é sombreada por uma estrutura com barras cerâmicas.



Figura 3.13 – Aldi em Swan Hill, Austrália (adaptado de 1:1 Architects)

A conceção inicial do edifício considerou detalhadamente a envolvente urbana existente, posicionando o parque de descargas numa zona onde o trânsito da rua principal não interferisse com o acesso dos camiões. O estudo da implantação foi ainda além disso, considerando o posicionamento do estacionamento numa fachada que não a principal, de modo a permitir o máximo proveito do negócio na rua principal.

Ainda na Austrália, a loja localizada em Albury, é outro exemplo da enorme consideração pela envolvente existente: o parque de estacionamento é subterrâneo de modo a libertar que circunda o edifício.



Figura 3.14 – Aldi em Albury, Austrália (adaptado de 1:1 Architects)

Este edifício, construído em *stand-alone*, representa um dos formatos mais avançados de conceção do grupo: materiais prefabricados e coordenação dimensional contribuem para a redução de custos e de desperdícios resultantes da má racionalização dos materiais. (1:1 Architects)

A cobertura contém ainda um sistema de recolha de águas pluviais para rega das zonas ajardinadas.

### 3.2.5. OUTROS (EM PORTUGAL)

Os exemplos apresentados anteriormente são apenas alguns de muitos por todo o mundo; existem grupos que apresentam, também, soluções interessantes na conceção dos seus edifícios *stand-alone* em Portugal.

Por exemplo, o grupo anterior (Aldi), vai abrir três lojas em Portugal: Beloura, Corroios e Lagoa. Segundo Gonçalves (2013) a solução de fachada será do tipo ventilada, revestida com painéis de resinas fenólicas *Trespa Miteon*, montadas com sistema de fixação oculta sobre uma estrutura de alumínio, numa área de cerca de 2100 m<sup>2</sup>. A cobertura das lojas, em sistema tipo *deck* metálico, incluirá ainda claraboias de iluminação natural.

O Lidl, grupo igualmente alemão, apresenta à semelhança da Aldi soluções para as fachadas dos seus edifícios em painel fenólico. Este grupo tem vindo, cada vez mais, a demonstrar uma preocupação crescente com o local de implantação das suas lojas, apresentado frequentemente a fachada principal livre de estacionamento ou elementos que ocultem a sua comunicação.

Por último, apresenta-se um exemplo de um edifício totalmente diferente daqueles apresentados. O edifício da marca Minipreço, insígnia de supermercados existente em Portugal do grupo espanhol Dia %, localizado em Vila Nova de Gaia, com uma fachada em vidro prismático que permite simultaneamente uma reflexão e refração de parte da luz solar incidente.



Figura 3.15 – Minipreço em Vila Nova de Gaia (adaptado de José Gonçalves, Arquiteto)





## 4

**CONTINENTE MODELO: SISTEMAS CONSTRUTIVOS****4.1. INTRODUÇÃO: CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO**

A definição do objeto de estudo deveu-se à tipologia de cada insígnia apresentada sucintamente no capítulo dois. Os hipermercados Continente representam investimentos relativamente elevados e associam-se habitualmente a centro comerciais. A insígnia de conveniência Bom Dia tem vindo a ser uma aposta estratégica por parte da Sonae MC, uma vez que o consumidor tem vindo a alterar as suas tendências de consumo, optando por lojas de conveniência; porém, estas lojas inserem-se muitas vezes em construções ou edifícios existentes, condicionando novamente a liberdade de conceção desta insígnia por parte da equipa de Arquitetura. Por outro lado a insígnia Continente Modelo situa-se entre as duas anteriores e a sua construção preferencialmente em formato *stand-alone* integra normalmente outras empresas do grupo Sonae como, por exemplo, a Mo, a Sport Zone ou a Worten.

Assim, a insígnia Continente Modelo é, das três, aquela que integra uma conjunto de negócios do grupo associados à marca Continente e que tem, por isso, o potencial de impulsionar uma zona rural e transformá-la numa zona urbana, permitindo uma expansão territorial da marca a zonas geograficamente deslocadas dos grandes centros urbanos através de um edifício com uma maior liberdade de conceção por parte da DCL.

Neste capítulo procura-se caracterizar o edifício-tipo desta insígnia. A caracterização desse resulta da análise de um conjunto de projetos existentes. A compreensão do edifício enquanto sistema global constituído por subsistemas construtivos requer uma estruturação lógica das partes. Seguidamente apresenta-se uma possível abordagem dos edifícios enquanto conjunto de sistemas construtivos e, posteriormente, descrevem-se com maior detalhe subsistemas fundamentais dos edifícios Continente Modelo.

**4.2. SISTEMAS CONSTRUTIVOS**

Do ponto de vista construtivo um edifício pode ser considerado um sistema. A classificação de um edifício enquanto sistema permite uma estruturação organizada de uma entidade mais complexa, como é o caso de um edifício.

Segundo Amorim Faria (1993), a classificação de um edifício como sistema pode ser feita segundo duas abordagens: funcional e celular. A abordagem funcional admite uma decomposição do edifício em órgãos: subdivisão funcional que assegura uma ou mais funções com características semelhantes e

necessárias à satisfação das exigências do utente<sup>14</sup>. A decomposição em órgãos principais, preconizada pela norma ISO 6241, representa-se no Quadro 4.1.

Quadro 4.1 – Decomposição de um edifício em órgãos principais (adaptado da ISO 6241)

SUBSISTEMA		PARTE OU COMPONENTE
<b>1 Estrutura</b>	1.1 Fundações	Superficial (viga distribuição, sapata, etc.); profunda (estaca, parede-diafragma, etc.)
	1.2 Esqueleto	(pilar, viga, painel, laje, casca, etc.)
<b>2 Envolvente exterior</b>	2.1 Envolvente abaixo do solo	Fundação, desvão sanitário, pavimento térreo, cave, etc.
	2.2 Envolvente acima do solo	Parede, cobertura, aberturas, etc.
<b>3 Compartimentações exteriores</b>	3.1 Divisória vertical exterior	Divisórias (parede, balaustrada, etc.); aberturas (janela, porta, grelha, etc.)
	3.2 Divisória horizontal exterior	Pavimentos (terraço, varanda, etc.); aberturas (alçapão, etc.)
	3.3 Escadas exteriores	Escadas, rampas, etc.
<b>4 Compartimentações interiores</b>	4.1 Divisória vertical interior	Divisórias (parede, balaustrada, armários, etc.); aberturas (portas, etc.)
	4.2 Divisória horizontal interior	Pavimentos e aberturas
	4.3 Escadas interiores	Escadas, rampas, etc.
<b>5 Serviços</b>	5.1 Abastecimento e drenagem de águas	Abastecimento de água (tubagens, terminais, reservatórios, bombas, etc.); instalações sanitárias (sanita, banheira, WC, etc.); drenagem águas pluviais (tubagens, caleiras, reservatórios, etc.); esgotos
	5.2 Aquecimento e ventilação (AVAC)	Distribuição de gás; fonte primária de aquecimento; circuito de ar (ductos, ventilador, etc.)
	5.3 Distribuição de gás	Gás comprimido (tubagens, instalações, etc.)
	5.4 Eletricidade	Linhas de alta tensão; transformadores; sistema elétrico de emergência
	5.5 Telecomunicações	Sistema telefónico; sistema intercomunicador; rádio; televisão; internet
	5.6 Transporte mecânico e eletromecânico	Elevador; passadeiras rolantes; equipamento de limpeza de fachadas; etc.

<sup>14</sup> Entenda-se por exigência funcional do utente a necessidade do utente a satisfazer pelo Edifício na globalidade ou em particular por um qualquer dos seus órgãos.

<b>5 Serviços (Continuação)</b>	5.7 Transporte pneumático e gravítico	Coletores de lixo; limpeza central de vácuo; <i>linen chutes</i>
	5.8 Proteção	Proteção contra incêndios; contra intrusos; etc.

Dependendo do edifício em estudo, a decomposição pode desenvolver-se em diferentes níveis. Na Figura 4.1 ilustra-se uma possível subdivisão funcional de um edifício e a decomposição em diferentes níveis de um dos órgãos principais – a envolvente – tendo por base o Quadro 4.1.

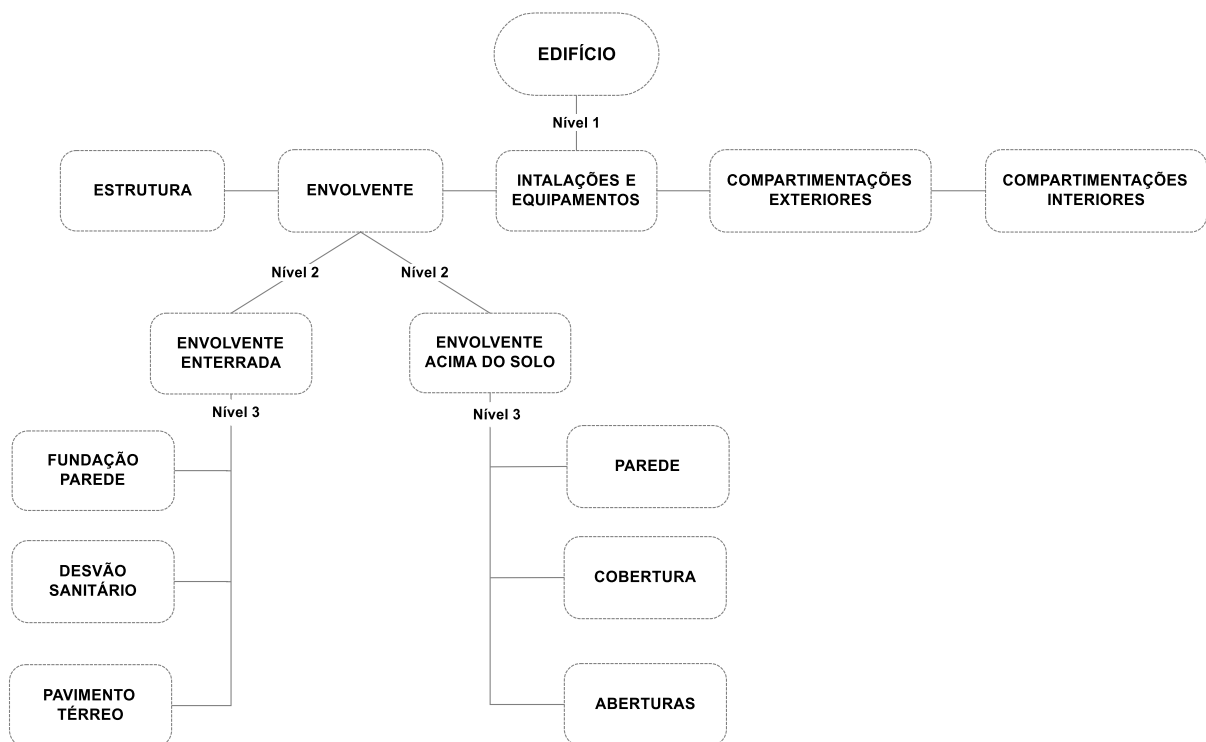


Figura 4.1 – Decomposição funcional de um edifício: exemplo

A outra abordagem, a celular, considera o edifício como um conjunto de células individuais não sobrepostas e complementares entre si e que, no teu todo, definem o edifício. Esta abordagem pressupõe uma divisão do edifício (sistema) em subsistemas que representam, por sua vez, um conjunto coerente de elementos de construção com propriedades e características próprias que conferem uma identidade a esse subsistema.

O elemento de construção é o elemento constituinte de um subsistema aplicado no seu local de utilização e realizado a partir de materiais simples, componentes ou processos de construção. Os componentes podem ser definidos como o produto prefabricado em unidade industrial a partir de diversos materiais simples e que se destina a ser incorporado num elemento de construção de acordo com processos de construção e montagem bem definidos. (Faria, 1993)

A decomposição de um universo, segundo uma abordagem celular, pode ser feita como se ilustra, por exemplo, na Figura 4.2.

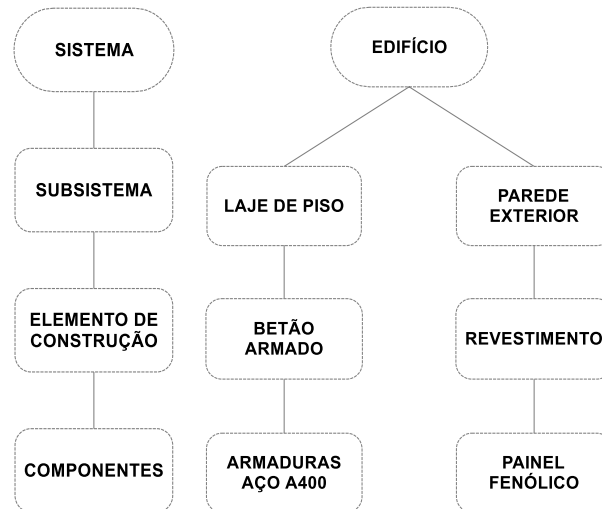


Figura 4.2 – Decomposição celular de um edifício: exemplo

Assim, a subdivisão celular não é necessariamente coincidente com a subdivisão funcional. Por exemplo, uma parede exterior será sempre um elemento constituinte da envolvente (abordagem funcional), mas poderá ser constituída por elementos de construção tratados separadamente (pano exterior e pano interior) constituindo subsistemas construtivos em fases diferentes na construção por pessoal com diferentes características embora, naturalmente, devam satisfazer, no conjunto, as exigências funcionais atribuídas à envolvente vertical exterior.

No âmbito do presente trabalho analisaram-se diferentes projetos de edifícios Continente Modelo construídos em *stand-alone*, pretendendo-se, se possível, tipificar as soluções utilizadas para os diferentes subsistemas. Nesta fase é preferível considerar que a decomposição funcional coincide no primeiro nível com a decomposição celular de modo a melhor tentar compreender a composição dos edifícios *stand-alone* Continente Modelo e proceder, então, à tipificação das soluções utilizadas para alguns dos seus elementos. Posteriormente, quando necessário estudar uma determinada solução recorrendo a uma abordagem celular, evidenciam-se subsistemas, elementos de construção e em alguns casos componentes e materiais simples de modo a melhor evidenciar as características tecnológicas dos edifícios.



A análise dos projetos Continente Modelo permitiu identificar uma decomposição funcional comum a todos eles, a qual se representa na Figura 4.3.

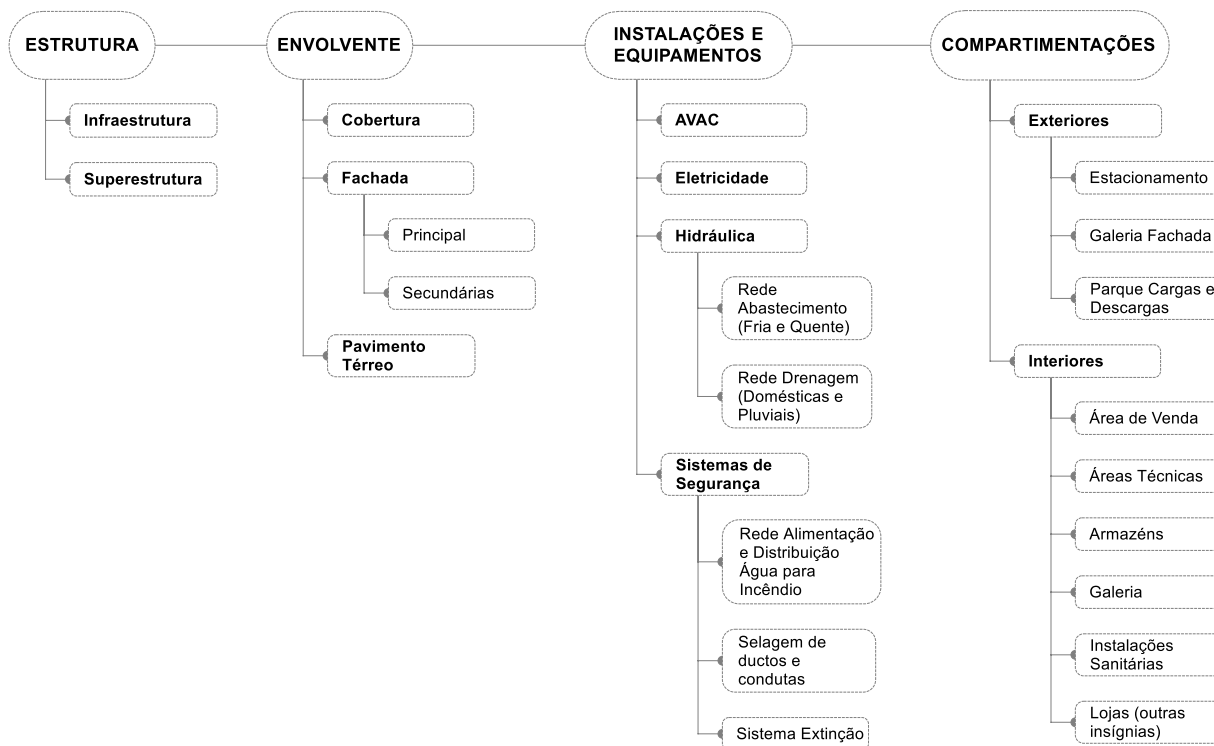


Figura 4.3 – Decomposição funcional de um edifício *stand-alone* Continente Modelo

A decomposição funcional apresentada não pretende ser exaustiva. De facto, é possível subdividir um edifício desta insígnia em órgãos principais diferentes ou em níveis superiores contudo, esta representação pretende simplificar a constituição básica dos órgãos de um edifício de acordo com o âmbito de estudo do presente trabalho.

Note-se que a subdivisão do órgão “Compartimentações” baseia-se numa classificação do tipo de uso do edifício – comercial (supermercado) – definida, também, na ISO 6241. Porém, o autor considera que a decomposição apresentada das compartimentações de um edifício Continente Modelo se enquadra numa abordagem funcional do edifício, facilitando a compreensão de um todo através das diferentes partes que o compõem.

Seguidamente apresenta-se uma explicação genérica dos constituintes dos diferentes subsistemas conjuntamente com as soluções observadas nos diferentes projetos Continente Modelo *stand-alone*.

#### 4.2.1. ESTRUTURA

A estrutura dos edifícios Continente Modelo *stand-alone* pode ser analisada considerando uma divisão entre infraestrutura – parte da construção abaixo do nível do solo – composta pelas fundações do edifício, e superestrutura – parte da construção acima do nível do solo – subdividida por sua vez em pilares e cobertura.

##### 4.2.1.1. Infraestrutura

O projeto de fundações depende essencialmente de quatro fatores: (i) a geologia e as características geotécnicas do solo (deformabilidade, resistência); (ii) as solicitações a transmitir ao terreno (sismo, vento, neve, peso próprio, etc.); (iii) os assentamentos admissíveis da estrutura (absolutos e diferenciais); e (iv) as limitações construtivas no local (equipamento e espaço disponível).

As fundações superficiais transmitem a carga proveniente da estrutura a um horizonte geotécnico próximo da superfície do terreno; por outro lado, as fundações indiretas, nomeadamente as estacas, transmitem as solicitações impostas pela superestrutura através de atrito lateral ou da sua ponta a horizontes profundos onde as características do solo permitem que assim o seja.

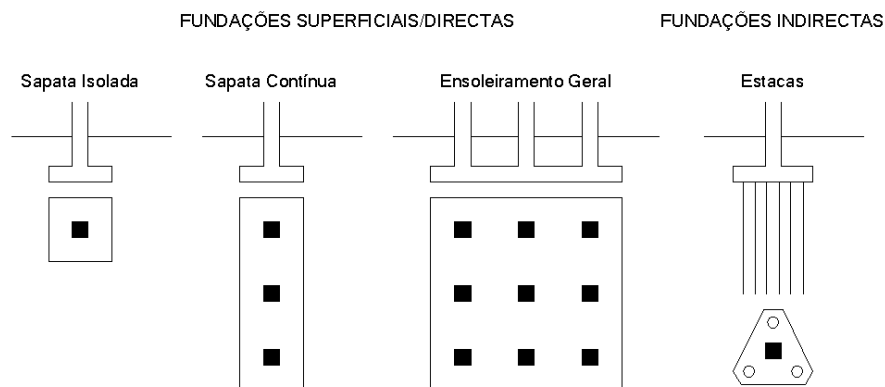


Figura 4.4 – Tipologia de fundações

Sempre que possível os projetistas recorrem a fundações superficiais devido ao baixo custo comparativamente com a execução de fundações indirectas. Contudo, quando o solo não apresenta capacidade resistente para acomodar fundações superficiais ou apresenta um elevado índice de compressibilidade (assentamentos significativos), ou quando o dimensionamento da fundação contempla forças horizontais ou “arrancamentos” (trações) significativos ou finalmente quando a escavação superficial até ao estrato resistente não é económica, as fundações indirectas apresentam-se como uma solução mais conveniente.

Apesar das condições geológicas e geotécnicas do local onde se inserem os edifícios Continente Modelo constituírem um papel importante nos que respeita aos custos de projeto, não é uma prioridade (nem condicionante) da Sonae MC. A localização de uma loja relaciona-se diretamente com estratégias de posicionamento face à concorrência onde a oferta de clientes justifica a sua implantação independentemente das condições do terreno. Assim, a solução genérica varia de acordo com a localização do empreendimento e como resultados das condições geotécnicas do solo em questão.

#### 4.2.1.2. Superestrutura

Os edifícios *stand-alone* (ou pavilhões industriais) ilustrados genericamente na Figura 4.5, destinados a superfícies comerciais e outros serviços, exigem o máximo aproveitamento de área útil, ou seja, impõem geralmente, de acordo com o seu tipo de utilização a malha de pilares. Esta condicionante leva a que estas estruturas tenham de vencer vãos com alguma expressão, fazendo com que as estruturas leves sejam preferencialmente escolhidas em projeto.

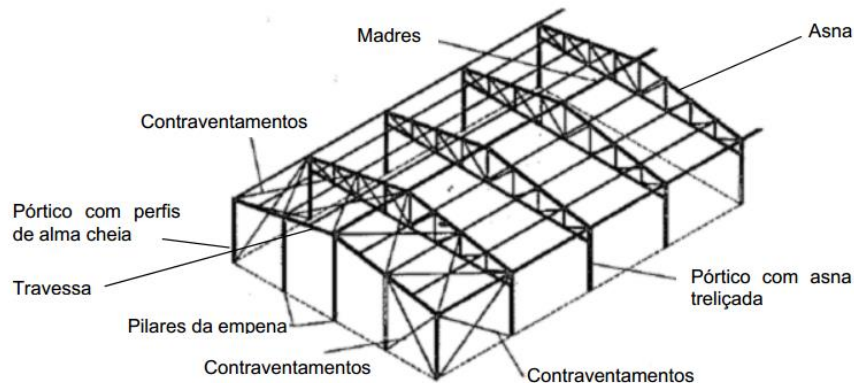


Figura 4.5 – Estrutura genérica de edifício *stand-alone* ou pavilhão industrial

O sistema estrutural pode ser visto como um conjunto de pórticos travados entre si ou, simplesmente, como uma estrutura de cobertura em aço suportada por uma malha de pilares.

Globalmente, a estrutura pode ainda dividir-se em estrutura principal e secundária. A estrutura principal é composta pelas asnas e pelos pilares que transmitem as cargas às fundações. A estrutura secundária compreende todos os restantes elementos que transmitem as cargas à estrutura principal: as madres e os elementos de contraventamento.

Em termos de desenvolvimento longitudinal a estrutura resistente da cobertura é formada por um conjunto de vigas principais (ou asnas) apoiadas diretamente nos pilares, as quais, por sua vez suportam as vigas secundárias (madres) na direção perpendicular contraventadas entre si. Quanto à composição transversal dos elementos, estes podem ser constituídos por perfis de alma cheia ou por um conjunto de elementos que se traduzem numa estrutura treliçada.

Os elementos estruturais constituídos por perfis de alma cheia, normalmente secções em I ou H, devem resistir essencialmente a esforços de flexão sendo, por isso, constituídos por perfis com elevada inércia. Por outro lado, os elementos treliçados apresentam um funcionamento axial sendo, por isso, constituídos por secções com menor inércia conduzindo assim a estruturas mais leves.

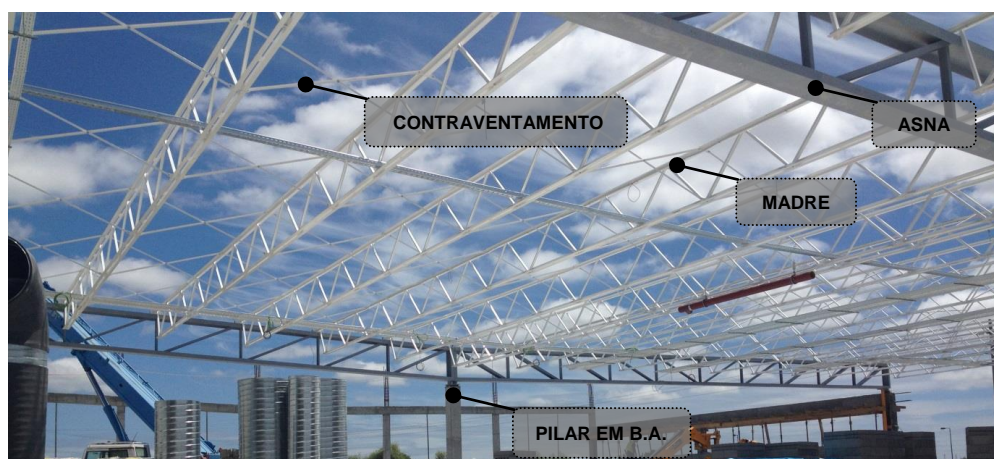
O Quadro 4.2 apresenta uma comparação entre as vantagens e desvantagens da utilização de elementos com alma cheia ou treliçados no projeto de edifícios do tipo pavilhão industrial.

Quadro 4.2 – Comparação entre a utilização de perfis com alma cheia ou treliçados

ALMA CHEIA		TRELIÇADOS	
Vantagens	Desvantagens	Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maior simplicidade de projeto;</li> <li>- Menor consumo de mão-de-obra em fábrica;</li> <li>- Permitem o recurso a ligações aparafusadas em obra, reduzindo o tempo e o custo de execução, relativamente às ligações soldadas;</li> <li>- Maior facilidade de transporte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- As ligações aparafusadas em obra nem sempre são bem executadas, levando a graves problemas de deformabilidade;</li> <li>- Maior consumo de aço.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maior rácio resistência/peso;</li> <li>- Permitem vencer grandes vão de forma mais económica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maior consumo de mão-de-obra em fábrica;</li> <li>- Ligações mais suscetíveis aos efeitos da corrosão;</li> <li>- Maior dificuldade no transporte devido às dimensões das asnas.</li> </ul>

No caso dos edifícios *stand-alone* Continente Modelo a solução estrutural está condicionada pelo *layout* de loja (definido pelo conceito de base arquitetónico) e pela necessidade de compatibilização com outras especialidades.

Em geral, os edifícios Continente Modelo *stand-alone* apresentam uma planta aproximadamente retangular de apenas um piso térreo. As asnas e as madres que compõem a estrutura de cobertura resistente são treliçadas e os pilares em betão armado (ver Figura 4.6). A malha de pilares é constituída por elementos em betão armado cujo afastamento entre vãos apresenta dimensões que variam entre os 10 e os 20 metros. Observa-se, também, um afastamento entre madres de 1.5 a 2 metros.

Figura 4.6 – Estrutura típica de um edifício *stand-alone* Continente Modelo

Assim, a solução estrutural global genérica é composta por pavimento térreo com funcionamento independente e diretamente apoiado no solo e fundações diretas ou indiretas em função dos locais sobre

as quais apoiam pilares em betão armado e cobertura em estrutura metálica treliçada. Os anexos (áreas técnicas e retaguarda) concretizam-se habitualmente através de uma estrutura em aço ou betão armado contendo, por vezes, paredes resistentes.

#### 4.2.2. ENVOLVENTE

Para a descrição deste subsistema optou-se por uma divisão em cobertura, fachada (principal e secundária) e pavimento.

##### 4.2.2.1. Cobertura

A cobertura analisada enquanto parte do subsistema “Envolvente” diz respeito aos elementos de revestimento. Os elementos de revestimento das coberturas de edifícios industriais apoiam-se diretamente nas madres da estrutura da cobertura, sendo que as suas dimensões relacionam-se com o afastamento entre madres.

Da análise dos projetos de supermercados conclui-se que o tipo de revestimento mais comum para a cobertura dos edifícios *stand-alone* é o *deck* metálico com isolamento em lã mineral. Este sistema pode apresentar diferentes configurações: constituídos por perfis de suporte metálicos enformados a frio com isolamento e acabamento exterior do tipo impermeável (betuminoso ou sintético) – Figura 4.7 – ou, simplesmente, um painel constituído por isolamento térmico limitado nas duas faces por duas chapas metálicas, como se ilustra na Figura 4.8.

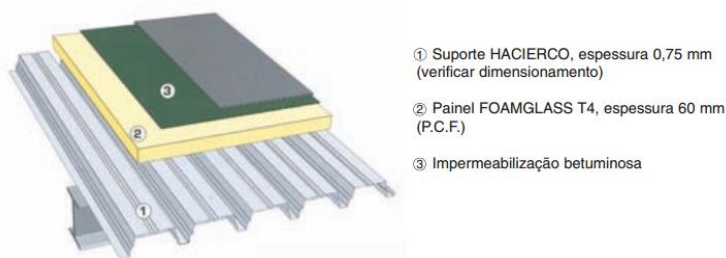


Figura 4.7 – Sistema construtivo da cobertura com impermeabilização betuminosa (adaptado de Haironville Portugal)

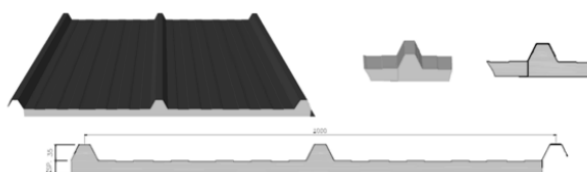


Figura 4.8 – Sistema construtivo da cobertura do tipo sandwich (adaptado de Mundiperfil)

Note-se que o primeiro sistema foi o mais observado nos últimos projetos realizados e aquele que apresenta um maior número de vantagens, quer pela sua rapidez e facilidade de aplicação, quer pelo seu desempenho durante o período de vida útil da estrutura.

Um exemplo da vantagem de utilização de telas impermeáveis relaciona-se com a sua facilidade de aplicação e correto desempenho nas zonas de remate da cobertura com elementos emergentes (claraboias desenfumagem, platibandas), cuja sensibilidade à penetração de água é superior quando comparada com outras zonas. Assim, a rufagem com telas impermeáveis apresenta-se como uma solução mais eficaz na proteção dos elementos interiores, uma vez que a sua aplicação se realiza de modo contínuo em zonas propensas a descontinuidades entre elementos construtivos.

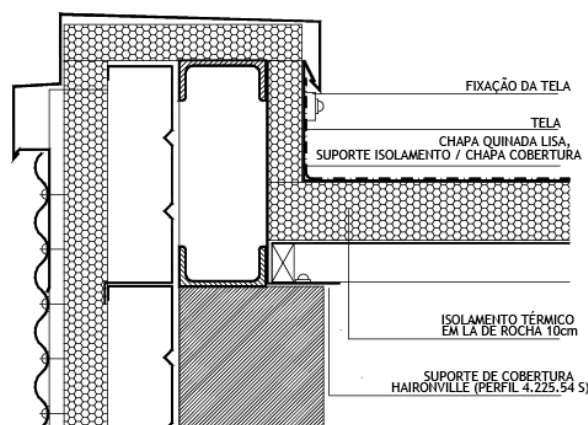


Figura 4.9 – Pormenor construtivo da fixação da tela

#### 4.2.2.2. Fachadas

No presente subcapítulo descrevem-se os sistemas construtivos geralmente utilizados no projeto de fachadas dos edifícios Continente Modelo.

As fachadas, invólucro vertical ou inclinado que delimita o espaço interior do exterior, podem ser divididas em dois tipos: principal e secundária. Esta divisão resulta da análise dos edifícios onde é possível distinguir dois sistemas construtivos distintos associados ao posicionamento da fachada. A fachada principal é aquela onde se localiza a entrada principal do edifício e apresenta, frequentemente, soluções distintas. A fachada secundária compreende as laterais, a retaguarda e as faces do edifício cuja função de acesso ao cliente não está presente e, por isso, concretiza-se habitualmente através da mesma solução.

##### Fachadas Secundárias

A recolha de dados de projeto permitiu identificar um sistema construtivo comum às fachadas secundárias constituído, na sua maioria, por chapa ondulada metálica.

Este tipo de sistema de revestimento é largamente utilizado em edifícios industriais e armazéns. A sua utilização deve-se, essencialmente, às suas características técnico-económicas que se traduzem em elementos com uma elevada razão resistência/peso com propriedades favoráveis ao correto desempenho exigencial.

Os sistemas de fachada em chapa de aço são compostos, geralmente, por quatro componentes principais:

- i) Estrutura principal: estrutura de suporte constituída por vigas e colunas, perfis metálicos/madeira ou por uma parede de alvenaria, que permite suportar a estrutura secundária;
- ii) Estrutura secundária não integrada: perfis metálicos em aço ou alumínio tais como montantes e travessas. A estrutura secundária tem como funções o suporte do revestimento exterior e do isolamento, e a transmissão das solicitações externas para a estrutura principal. Os tipos de perfil mais utilizados atualmente consistem em perfis enformados a frio, extremamente leves, com as mais variadas configurações como se ilustra na Figura 4.10a. O uso deste tipo de perfil na construção é motivado por um conjunto de vantagens das quais se destacam: (i) a elevada eficiência estrutural destes perfis, com uma elevada relação resistência estrutural/peso; (ii) a possibilidade de criação de perfis de diversas formas; (iii) a rapidez de execução de obra e economia de transporte; e (iv) a possibilidade e facilidade de pré-fabricação de vários componentes (e.g. painéis de parede);
- iii) Revestimento: elementos como chapas metálicas enformadas a frio (Figura 4.10b.), cujas vantagens de utilização na construção descrevem-se anteriormente, painéis sandwich, incluindo os componentes de fixação à estrutura secundária. O revestimento deve contemplar juntas construtivas com o objetivo de garantir a estanquidade, os esforços induzidos por solicitações térmicas e os erros de fabrico e montagem;
- iv) Isolamento: o isolamento térmico pode ou não existir na face interior do revestimento, dependendo do tipo de zona em contacto com o exterior. Usualmente utiliza-se lã de rocha como isolamento neste tipo de solução.

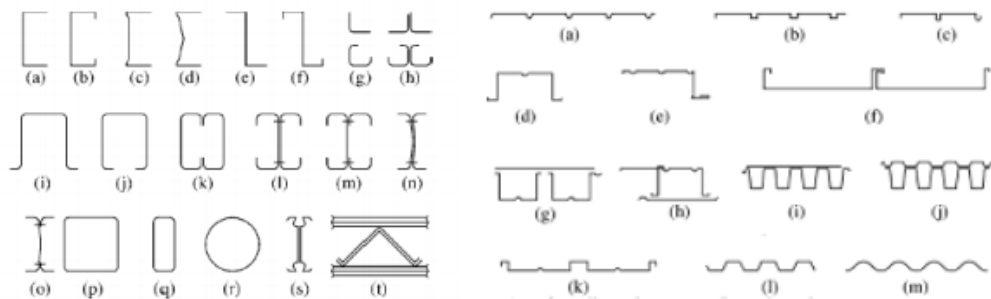


Figura 4.10 – Elementos enformados a frio utilizados como a. Estrutura secundária; e b. Revestimento (adaptado de Ghersi et al, 2001)

As Figura 4.11 a. e b. representam, respetivamente, os três componentes apresentados que constituem o sistema de fachada em chapa metálica aplicado genericamente a edifícios industriais e o tipo de solução utilizada nas fachadas secundárias dos edifícios *stand-alone* Continente Modelo. Note-se que existe ainda um embasamento, representado apenas na Figura 4.11 b., que constitui igualmente o sistema de fachada.



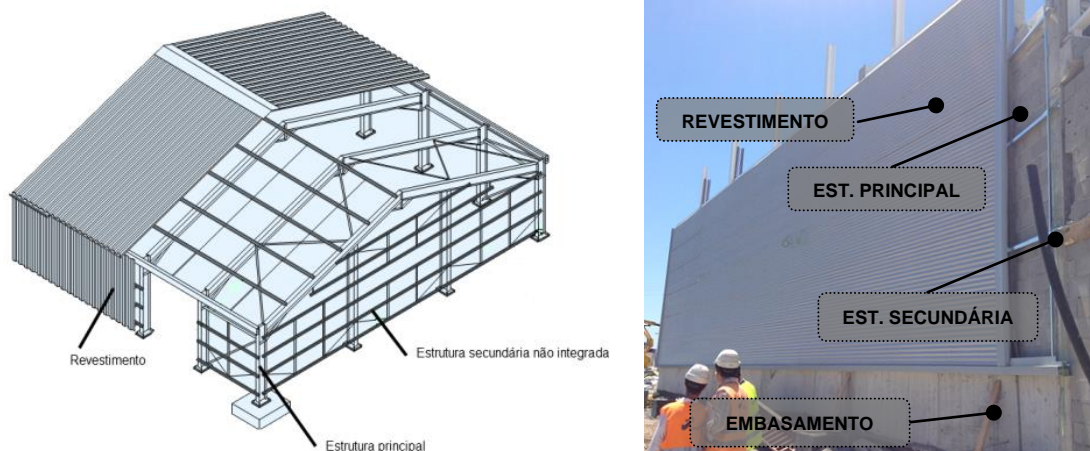


Figura 4.11 – Sistema construtivo de fachada em chapa metálica: a. Ilustração genérica (adaptado de SCI, Single-Storey Steel Buildings: Building Envelope); b. Fase de construção

Nos edifícios da insígnia, a estrutura de suporte é geralmente constituída por alvenaria em bloco de betão. Para a realização da estrutura secundária utiliza-se uma combinação dos perfis enformados a frio da Figura 4.10. O isolamento térmico mais comum é lã de rocha, sendo a espessura variável de projeto para projeto. A solução de revestimento tem sido, ao longo dos últimos anos, do tipo sinusoidal (Figura 4.12) com a disposição das chapas metálicas segundo a direção horizontal.

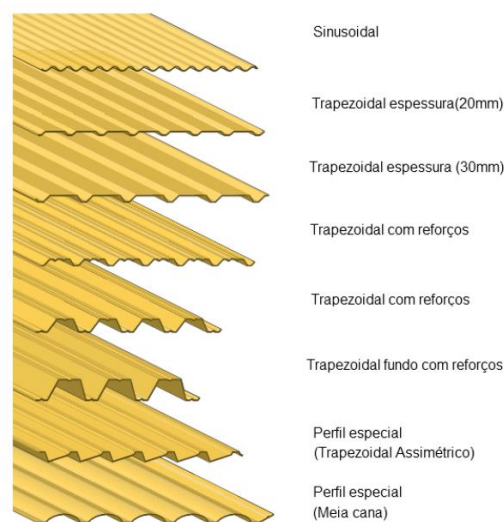


Figura 4.12 – Exemplos de diferentes tipos de chapa metálica para revestimento de fachadas (adaptado de ArceloMittal)



### Fachada Principal

A fachada principal é a frente do edifício pela qual se verifica o acesso dos clientes e aquela que mais contribui para a imagem e transmissão do conceito da insígnia.

O Continente Modelo é a insígnia na qual se observa maior diversidade de fachadas principais no que diz respeito ao conceito arquitetónico. Relativamente ao sistema construtivo, podem observar-se três tipos de sistemas na construção da zona opaca: (i) alvenaria simples em bloco de betão vazado com isolamento térmico pelo exterior; (ii) alvenaria simples em bloco de betão vazado com isolamento térmico pelo interior; e (iii) alvenaria dupla em bloco de betão vazado com isolamento térmico na caixa-de-ar.

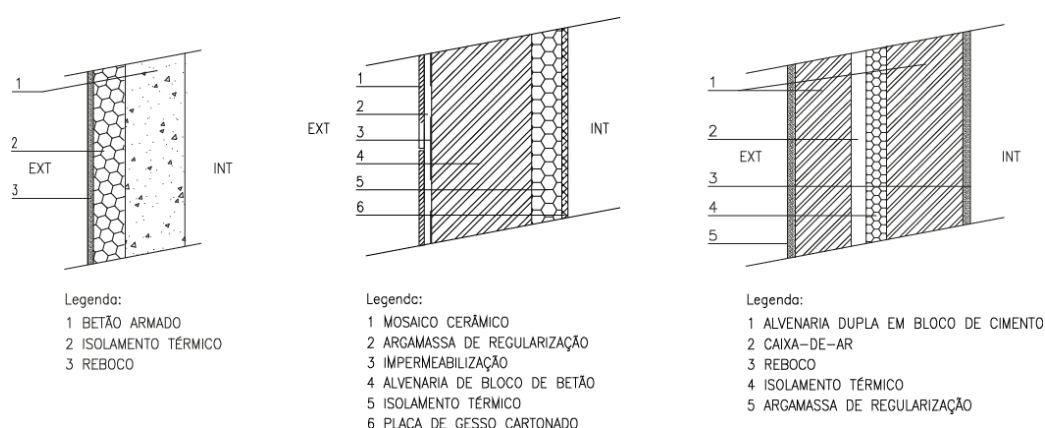


Figura 4.13 – Sistemas construtivos da fachada opaca utilizados nos edifícios em *stand-alone* Continente Modelo: a. ETICS; b. Isolamento térmico pelo interior; c. Alvenaria dupla com isolamento na caixa-de-ar

Ao longo dos últimos anos a equipa da DCL tem procurado uniformizar a galeria de acesso ao edifício de modo a estabelecer um conceito da insígnia transversal a todas as suas construções em *stand-alone*.

Inicialmente vários dos projetos compreendiam uma galeria de acesso em pórtico com uma estrutura em vidro na zona de entrada de loja e com a zona opaca composta por um dos três sistemas construtivos anteriormente descritos com revestimento cerâmico pelo exterior, tal como ilustram as Figura 4.14 e Figura 4.15.

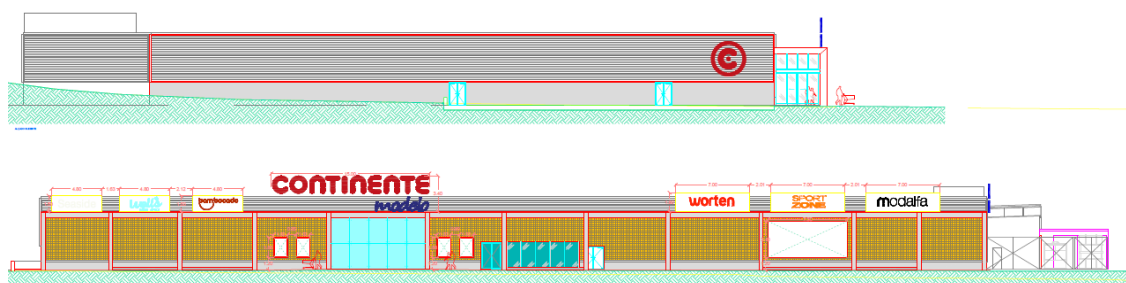


Figura 4.14 – Modelo .dwg do alçado da fachada principal (orientada a nordeste) e lateral (orientada a sudeste) do Continente Modelo de Sines



Figura 4.15 – Fachada principal do Continente Modelo

Os projetos posteriores à renovação do conceito da insígnia procuram uma linguagem arquitetónica mais coerente e transversal aos diversos edifícios *stand-alone*, tal como foi abordado no capítulo dois deste trabalho. A equipa da DCL tem vindo a introduzir diversas alterações à fachada principal dos novos edifícios construídos em *stand-alone*, as quais se sintetizam seguidamente:

- Galeria de acesso avançada com estrutura porticada metálica;
- Remoção da estrutura (caixa) em vidro na zona da entrada;
- Introdução de um maior número de vãos envidraçados na frente de loja, no alinhamento anterior, conferindo transparência ao edifício;
- Introdução de ripado metálico vertical com acabamento em efeito de madeira, permitindo assim uma imagem cuidada e convidativa através de uma geometria simples e cores neutras;
- Introdução de ripado metálico horizontal (*brise-soleil*) possibilitando um maior sombreamento dos vãos envidraçados;
- Introdução de esplanada (sempre que possível) da insígnia Bom Bocado no interior dos alinhamentos do pórtico da galeria.



Figura 4.16 – Fachadas principais posteriores à renovação do conceito da insígnia

No que respeita ao sistema construtivo adotado para a fachada principal e secundária verifica-se, novamente, uma solução conjunta dos três sistemas apresentados e, também, da chapa metálica ondulada.

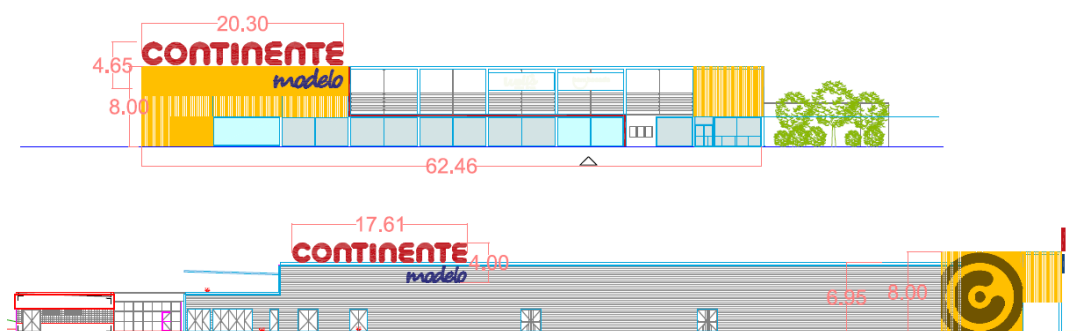


Figura 4.17 – Modelo .dwg da fachada principal e lateral do Continente Modelo de Vizela

### Pavimento

Os edifícios *stand-alone* Continente Modelo compreendem habitualmente pavimentos térreos industriais. Estes pavimentos devem ser concebidos e dimensionados tendo em conta, entre outros, requisitos estruturais como a resistência aos esforços causados pelas cargas aplicadas sobre estes elementos, considerando a interação entre a laje e os materiais de suporte. Esta interação é fundamental para o funcionamento adequado de todo o sistema de pavimento, e implicitamente para as operações que se desenvolvem na respetiva atividade. Para além destes, devem ser considerados requisitos económicos e operacionais da superfície associados às diferentes operações que se verificam no mesmo edifício.

Os revestimentos de superfície constituem-se como os elementos que apresentam maior consideração por parte da equipa de Arquitetura e Design. Estes revestimentos devem ter características adequadas à utilização a que este vai estar sujeita e podem ser de um dos seguintes tipos:

- Superfície de betão com determinado tipo de acabamento;
- Camada que resulta da agregação e mistura, numa espessura superficial do betão, de produtos destinados a melhorar as características da superfície (e.g. endurecedores de superfície);
- Camada de revestimento aderente aplicada sobre o betão (e.g. revestimentos *epoxy*);
- Revestimentos cerâmicos ou sintéticos com simples ou dupla colagem.

Genericamente os revestimentos de pavimento devem respeitar um conjunto de exigências funcionais de segurança, habitabilidade e durabilidade, como por exemplo:

- Regularidade de superfície / planimetria;
- Resistência mecânica e química;
- Estanquidade;
- Conforto visual e de circulação.

Os revestimentos de superfície nos edifícios Continente Modelo variam de acordo com a configuração do *layout*. Genericamente, verifica-se a presença de revestimento em betão com endurecedor de superfície e pintura *epoxy* nas zonas de armazém, zonas técnicas, frente de frescos e antecâmara. Nas restantes compartimentações, como a área de venda ou a galeria interior, verifica-se a utilização de revestimento cerâmico do tipo grés porcelânico.

Recentemente o revestimento cerâmico foi alterado de peças quadradas com dimensão 20x20 centímetros de cor bege para peças com dimensão superior (60x60 centímetros) de cor cinzenta, procurando proporcionar um maior conforto visual ao cliente e uma imagem mais moderna e *clean* à

loja. Os revestimentos cerâmicos representam cerca de 70%<sup>15</sup> das superfícies de revestimento utilizadas em todo o edifício *stand-alone*.

Esta opção é bastante arrojada (pode até dizer-se arriscada) do ponto de vista técnico já que o elevado uso a que os revestimentos estão sujeitos, bem como a ação dos rodados dos carrinhos de compras, vão comprometer a vida útil dos revestimentos com o consequente aumento significativo do custo global da solução (resultado do seu bastante menor período de vida útil expectável).

#### 4.2.3. INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS

##### 4.2.3.1. AVAC

Os sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC) devem assegurar determinadas condições do ar ambiente no interior de um edifício. As principais funções destes sistemas são, simplificadamente, as seguintes:

- Tratar de forma independentemente diferentes zonas a climatizar em função das condições pretendidas, do período de funcionamento, da ocupação e da atividade;
- Satisfazer as exigências fisiológicas em matéria de ventilação, limitando os níveis de dióxido de carbono, diluindo os efeitos resultantes da aglomeração de pessoas, em especial as do fumo de tabaco, e evacuando cheiros decorrentes da utilização das instalações sanitárias;
- Controlar a temperatura seca durante o verão (estação de arrefecimento) e durante o inverno (estação de aquecimento);
- Controlar os níveis de humidade.

É evidente a inter-relação que existe entre estes sistemas mecânicos, os sistemas construtivos (nomeadamente a envolvente do edifício) e as condições climáticas onde determinado edifício se insere. Uma vez que existe um conjunto bastante vasto de intervenientes com diferentes formações no projeto destes sistemas, existe, muitas vezes, uma autonomia própria na execução de cada um destes sem que sejam desenvolvidos conjuntamente. Posteriormente, nos capítulos de desenvolvimento desta dissertação, analisa-se com maior detalhe a interdependência entre estes sistemas e como pode ser melhorada com vista a uma melhoria de desempenho e de custos.

Os sistemas AVAC não são abordados, normalmente, no âmbito da engenharia civil e da arquitetura. O seu posicionamento parece situar-se somente na área abrangida pela engenharia mecânica cuja componente técnica excede o raio de ação daquelas duas áreas. Contudo, as três áreas contribuem para o correto (ou incorreto) dimensionamento e funcionamento destes sistemas, sendo indispensável uma compreensão (ainda que superficial) deste tipo de sistemas por técnicos de outras áreas que não a engenharia mecânica.

Por este motivo, o autor apresenta uma descrição simplificada dos sistemas AVAC. Estes sistemas podem ser divididos em quatro partes: (i) geração de energia térmica; (ii) distribuição de energia térmica até ao ar a climatizar; (iii) equipamentos terminais de tratamento de ar; e (iv) sistema global implementado no edifício. (Ferreira, J. 2010)

---

<sup>15</sup> Valor estimado com base na análise de Mapas de Trabalhos e Quantidades de diferentes edifícios *stand-alone* da insígnia Continente Modelo

No caso dos edifícios *stand-alone* Continente Modelo as instalações AVAC encontram-se, sem exceção, sempre presentes. De facto, existe um conjunto de áreas que exigem um tratamento específico e diferenciado das condições do ar ambiente. Num edifício *stand-alone* é comum encontrar a seguinte diferenciação de sistemas AVAC de acordo com o layout do edifício:

- Área de Vendas: unidades do tipo Rooftops (bomba de calor com free cooling e desumidificação e difusão de ar com condutas têxteis);
- Laboratórios: insuflação de ar novo sem pré-aquecimento ou pré-arrefecimento;
- Escritórios/refeitório: unidades interiores do tipo Mural associadas a um sistema VRF/VRV Bomba de Calor. Instalados complementarmente com uma rede de ar novo e extração para garantir a correta renovação do ar;
- Armazém alimentar: ventilação mecânica dedicada com ventiladores de cobertura;
- Extrações dedicadas: hotte da charcutaria e padaria; inclui estudo da compensação de volumes de ar nas áreas limítrofes (armazéns ou área de vendas).

#### 4.2.3.2. Eletricidade

O projeto de instalações elétricas compreende a conceção e definição de um conjunto de sistemas e equipamentos cujo objetivo é a disponibilização de energia elétrica ao nível da utilização de um determinado consumidor, quer seja em baixa tensão (400/230 V), quer seja em média tensão (< 30 kV).

A transformação da energia elétrica de média tensão, fornecida por uma entidade distribuidora (e.g. EDP comercial), para uma energia de baixa tensão passível de ser utilizada pelo consumidor final doméstico ou comercial ocorre nos Postos de Transformação (PT). Estes podem ser de dois tipos: aéreos, habitualmente utilizados em meio rural, ou térreos em formato de cabines baixas, frequentes em meio urbano, ilustrados respetivamente na Figura 4.18a e Figura 4.18b. As cabines baixas podem ainda ser em alvenaria ou tipo monobloco, onde todo o equipamento é colocado no interior de celas constituídas por painéis metálicos pré-fabricados.



Figura 4.18 – Postos de transformação: a. Aéreo; b. Cabine

Um posto de transformação, esquematizado simplificadaamente na Figura 4.19, é constituído por:

- Órgãos de corte e proteção (interruptor/seleccionador, interruptor/seleccionador/fusível ou disjuntor, interruptor);
- Transformador de potência;
- QGBT (Quadro Geral de Baixa Tensão).

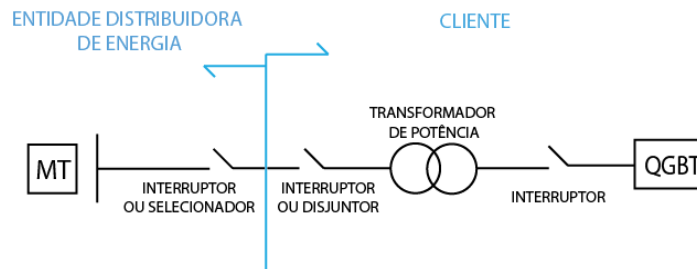


Figura 4.19 – Esquema simplificado de um Posto de Transformação

O modo de alimentação de energia elétrica a um determinado consumidor depende de diversos fatores como, por exemplo, a potência, o nível de tensão e a função das cargas a alimentar. Existem três tipos de cargas – normais, de emergência e críticas – que variam de acordo com o grau de exigência quanto à garantia de continuidade de serviço. As cargas normais admitem pequenas interrupções no fornecimento sem que seja comprometido o normal funcionamento da instalação; as cargas de emergência exigem que haja continuidade de fornecimento de energia elétrica admitindo, porém, interrupções de muito curta duração (alguns segundos), sendo que a sua origem provém de Grupos de Emergência (GE); as cargas críticas não permitem qualquer tipo de interrupção no fornecimento de energia elétrica e são garantidas por redes socorridas com origem em Unidades Estáticas de Alimentação de Energia sem Interrupção (UPS).

Tendo por base a classificação das cargas definidas anteriormente podem definir-se três tipos de redes:

- i) **Redes de alimentação normal:** com origem no QGBT (Quadro Geral de Baixa Tensão) do PT (Posto de Transformação). Tipicamente alimentam os circuitos de iluminação normal, circuitos de tomadas e força motriz e sistemas AVAC;
- ii) **Redes de alimentação de emergência:** têm origem no quadro de baixa tensão do GE. Alimentam circuitos de iluminação de emergência, sinalização de saída, elevadores, ventilação de segurança, bombagem de incêndios e câmaras frigoríficas;
- iii) **Redes de alimentação socorrida:** têm origem no quadro elétrico associado às UPS. Alimentam circuitos de iluminação de socorro, centrais de segurança, equipamentos e sistemas informáticos, salas de operação hospitalar ou similar.

A estrutura das duas primeiras redes pode apresentar uma das duas seguintes configurações:

- **Estrutura totalmente independente:** redes de distribuição normal e de emergência distintas, com origem em diferentes barramentos do QGBT;
- **Estrutura integrada com deslastre<sup>16</sup> local:** redes de distribuição normal e emergência distintas, mas com origem no mesmo barramento<sup>17</sup>, sendo feito o deslastre das cargas normais na situação de falha da rede associada a estas.

<sup>16</sup> O deslastre de carga é a interrupção de alguns consumos de energia elétrica com o objetivo de preservar o funcionamento do sistema elétrico, a nível local, em condições aceitáveis de tensão e frequência. (ERSE, 2014)

<sup>17</sup> Barramento é o ponto de ligação ou nó de uma rede elétrica que interliga centros de produção de energia, ativa e reativa, cargas ou extremidades de linhas de transmissão de energia.



A estrutura da rede de carga crítica ou de alimentação socorrida pode ser:

- **Centralizada**, na qual existe um sistema de UPS alimentando um único quadro que distribui, por exemplo, para o barramento de cargas críticas do QGBT, que por sua vez fará a distribuição para outros quadros;
- **Descentralizada**, na qual cada zona ou área específica possui o seu próprio sistema UPS, ligado diretamente ao quadro principal dessa zona.

Os projetos de instalações elétricas dos edifícios *stand-alone* Continente Modelo são muito semelhantes entre si. Os postos de transformação convertem a energia de média tensão (15 kV) em energia elétrica de baixa tensão (400 V) que alimenta o QGBT instalado geralmente na retaguarda dos edifícios. A partir do quadro geral de baixa tensão estabelecem-se todas as ligações elétricas necessárias ao correto funcionamento do edifício. A energia é distribuída para o quadro elétrico do supermercado, que por sua vez distribui eletricidade a todos os equipamentos e instalações existentes no interior da loja, e para outros quadros independentes (e.g. quadro de segurança, quadro de câmara de manobras).

A rede normal e de emergência têm origem em diferentes barramentos do QGBT, apresentando uma estrutura independente. A rede de emergência é alimentada por um grupo eletrogéneo automático constituído por um motor a diesel cujo arranque, elétrico, é assegurado por um conjunto de baterias de acumuladores em caso de falha da rede normal de distribuição pública.

A rede de carga crítica apresenta uma estrutura centralizada, com uma unidade de alimentação de energia estática sem interrupção (UPS) – 30 minutos – distribuindo energia elétrica para a sinalização de emergência do edifício, para os escritórios e para a galeria comercial.

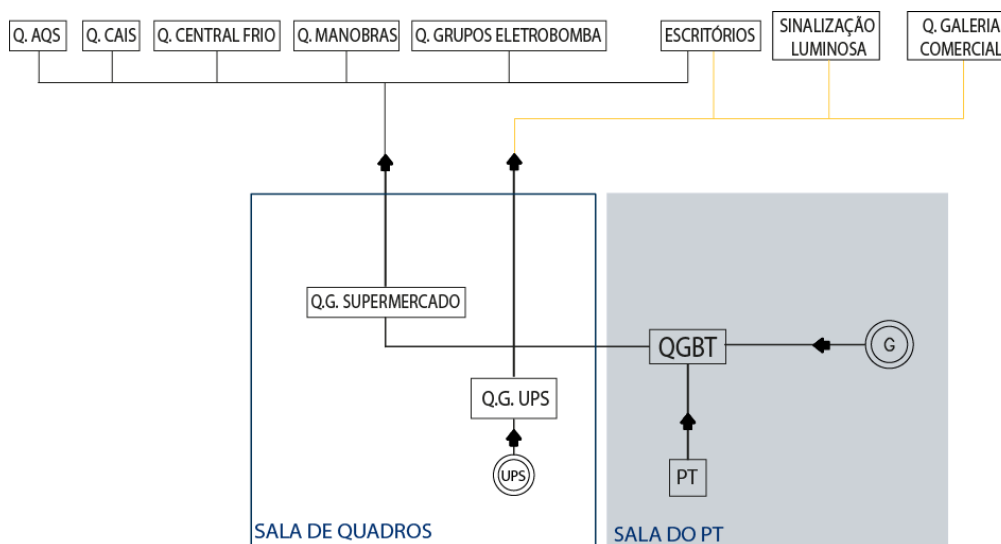


Figura 4.20 – Esquema simplificado de alimentações de um edifício Continente Modelo

#### 4.2.3.3. Instalações Hidráulicas

As instalações hidráulicas de qualquer edifício industrial compreendem uma rede de águas de abastecimento (fria e/ou quente) e de drenagem (domésticas/industriais e pluviais). Podem, em determinados casos, incluir ainda uma rede de abastecimento em caso de incêndio distinta das anteriores e integrada, habitualmente, nos sistemas de segurança (próximo subcapítulo).

A origem da água depende sempre das condições da rede pública existente no local ou nas proximidades deste. Normalmente a água da rede é fornecida graviticamente e conduzida através de ramais de ligação privativos até à entrada do edifício, onde se instalam reservatórios de abastecimento. Outras origens, como poços ou furos nas imediações do local, permitem um aproveitamento de águas não potáveis para o sistema de rega ou descarga sanitárias.

Os reservatórios de abastecimento dependem das necessidades de cada edifício e compreendem, normalmente, grupos hidropressores (bombas hidráulicas) associados para o abastecimento de águas ao edifício com caudais e pressões adequadas a diferentes cotas.

A composição destes sistemas compreende uma rede de coletores, instalações de tratamento e dispositivos de descarga final. O destino final das águas residuais domésticas é a sua integração num meio aquático ou terrestre, natural ou artificial, com a finalidade do seu desembarço ou reutilização. As águas residuais industriais podem ser misturadas, com vantagens técnicas e económicas, com as águas residuais domésticas quando apresentam determinadas características (definidas na legislação) que o permitam.

No projeto de instalações hidráulicas dos *stand-alone* Continente Modelo, os sistemas de abastecimento e drenagem de águas residuais apresentam configurações semelhantes nos diferentes projetos:

##### **i) Abastecimento**

- Reservatórios de abastecimento, abastecidos normalmente pela rede pública através de condutas gravíticas, com grupos hidropressores (principais e de reserva) para distribuição de água potável e não potável no edifício;
- Canalizações enterradas de alimentação ao edifício (ramais de ligação) em PEAD (Polietileno de Alta Densidade);
- Condutas interiores horizontais constituídas por aço Inox;
- Válvulas de seccionamento;

##### **ii) Drenagem**

- Sistemas separativos constituídos pelas águas residuais domésticas (provenientes das instalações sanitárias e balneários) e pelas águas residuais pluviais (provenientes das coberturas e estacionamento), e águas gordurosas (efluentes produzidos na área dos laboratórios: peixaria, talho, padaria, etc.);
- Câmara de retenção de gorduras;
- Elementos de recolha de águas (ralos, caleiras, tubos de queda, ...) e entrega (ramais de ligação).



#### 4.2.3.4. Sistemas de Segurança

Os sistemas de segurança existentes em determinado edifício dependem da sua tipologia, dimensão e atividade. No caso dos edifícios *stand-alone* Continente Modelo os sistemas de segurança presentes são transversais a todos os projetos. Estes sistemas podem dividir-se em sistemas de segurança contra incêndios em edifícios (SCIE) e em sistemas de proteção/outros e descrevem-se seguidamente:

#### Sistemas de Segurança Contra Incêndios

- Sistema Automático de Detecção de Incêndio (SADI). Este sistema permite detetar prematuramente qualquer foco de incêndio. Para além de uma vigilância contínua, o SADI tem como objetivo a sinalização sonora de incêndio para alarme de evacuação e a execução automática de funções auxiliares como a transmissão remota de alarme a corporações de bombeiros locais.
- Rede de alimentação e distribuição de água para serviço de incêndio. Existe um grupo de bombagem, cuja alimentação é feita a partir de um reservatório privado (25 m<sup>3</sup>), para situações de incêndio. A alimentação do grupo é feita através de energia elétrica (Quadro de Segurança) com cabos resistentes ao fogo.
- Selagem corta-fogo de ductos e condutas. O remate entre as paredes do perímetro corta-fogo e a cobertura requer sistemas de selagem que garantam uma resistência ao fogo igual à estabelecida para a parede ou laje atravessadas. Os materiais inflamáveis (cabos, tubagens em plásticos, etc.) devem estar sempre revestidos com resinas retardantes ao fogo.
- Extintores portáteis.

#### Sistemas Proteção / Outros

- Sistema passivo de controlo de fumos – desenfumagem natural. Estes sistemas permitem a evacuação de fumos através do princípio da diferença de pressões: entradas de ar novo (localizadas nos pontos mais baixos das zonas a proteger) e saídas de fumos e de gases quentes da combustão (localizados nos pontos mais altos da cobertura). Esta troca é feita com recurso a sistemas de ventilação estáticos implantados na cobertura (claraboias de desenfumagem) comandados por um sistema remoto (elétrico), acionado automaticamente pelos sistemas de deteção de incêndio podendo também ser manobrados manualmente.
- Sinalização gráfica fotoluminescente. Todo o edifício deve apresentar de forma normalizada e bem visível sinais de segurança através de dísticos com pictogramas do tipo fotoluminescente identificando diferentes sistemas como, por exemplo, os dispositivos de corte das instalações de energia elétrica, ou as portas das saídas de emergência.
- Sistema automático de deteção de intrusos.
- Sistema de controlo de acessos (vídeo porteiro).
- Sistema de interbloqueamento do cofre (Interlock).

#### 4.2.4. COMPARTIMENTAÇÕES

A definição do subsistema “Compartimentações” compreende as diferentes partes ou secções que compõem o *layout* de um *stand-alone*, neste caso especificamente, da insígnia Continente Modelo. A descrição das áreas interiores principais foram descritas no capítulo dois deste trabalho. Assim, não

parece oportuno voltar abordar o *layout* do edifício; apresenta-se, apenas, uma descrição dos “Exteriores”.

#### 4.2.4.1. Exteriores

Consideram-se como compartimentações exteriores o estacionamento, o parque de cargas e descargas e a galeria da fachada onde se observa, frequentemente, a presença de uma esplanada da insígnia Bom Bocado.

O parque de estacionamento localiza-se quase sempre do lado da fachada principal para facilitar o acesso à loja por parte dos clientes. A sua dimensão varia consoante o local de implantação e tipologia da loja, porém é possível estimar, através de medições de projetos analisados, que a sua área representa cerca de 40% da área total de implantação.

O acesso ao parque nem sempre se realiza segundo a orientação da fachada principal, pelo que o primeiro contacto com a envolvente do edifício, por parte dos clientes que utilizam automóvel para a sua deslocação à loja, é estabelecido com uma das fachadas secundárias em chapa metálica e não com aquela projetada para esse efeito.

Verifica-se sempre a presença de estruturas de sombreamento em aço lacadas a cor cinzenta. Estas estruturas são dimensionadas atendendo às solicitações mais correntes (como o peso próprio dos elementos, a ação do vento ou a ação da neve). Os toldos são compostos por membranas têxteis de elevada resistência revestidas a PVC e posteriormente lacadas em ambas as faces. A lacagem deve assegurar um conjunto de exigências importantes como a impermeabilidade, bloqueio das radiações UV, ausência de fungos, bem como uma fácil limpeza e não aderência de elementos externos (resíduos, neve, etc.).



Figura 4.21 – Vista do parque de estacionamento de um edifício Continente Modelo

O parque de cargas e descargas localiza-se na retaguarda dos edifícios e tem como principal função o abastecimento das superfícies comerciais. O seu formato, dimensão e localização, prende-se com a otimização de operações de logística. Assume-se que o seu planeamento e dimensionamento contempla todas aquelas operações que permitem o correto funcionamento da loja e, consequentemente, da frota de abastecimento.

# 5

## ANÁLISE E ESTRATÉGIAS CLIMÁTICAS

### 5.1. INTRODUÇÃO

O clima é um conceito extremamente complexo que o ser humano tem procurado estudar de forma objetiva através de modelos qualitativos e quantitativos. A origem etimológica da palavra “clima” provém do grego e designava uma zona da Terra limitada por duas latitudes e era associada à inclinação dos raios solares e, por extensão, às características meteorológicas predominantes. (IPMA, 2014)

Os custos associados aos consumos energéticos de um edifício dependem diretamente de alguns fatores climáticos como por exemplo, a humidade, a temperatura do ar, a radiação solar e a velocidade e direção do vento. No âmbito desta dissertação, apresentam-se simplificada e alguns destes fatores relativos ao clima e, especificamente, o modo como influenciam as soluções construtivas de arquitetura e de engenharia civil. A disciplina que define tal interação, entre clima, Homem e arquitetura pode designar-se por Arquitetura Bioclimática. Este capítulo apresenta, assim, primeiramente uma análise do clima de diferentes zonas do território nacional e, posteriormente, algumas estratégias bioclimáticas a considerar no projeto de edifícios *stand-alone*.

O planeta Terra divide-se em diferentes zonas climáticas – zonas onde se observa um clima igual ou semelhante. A análise do clima pode ser feita de acordo com duas abordagens distintas: matemática ou física.

A primeira pressupõe que a Terra é uma massa homogênea sujeita a uma irradiação solar que, por sua vez, provoca uma distribuição variável, paralela ao equador, da temperatura. Essa distribuição origina três zonas distintas que variam de acordo com a latitude (coordenada geográfica medida para norte e para sul do equador): os trópicos, de Cancer e de Capricórnio, os subtrópicos e os pólos.

A segunda pretende traduzir o clima real associado às diferentes zonas do planeta terra com base em fatores climáticos variáveis no espaço e no tempo. Esta classificação considera que as zonas climáticas não se resumem a três devido, essencialmente, à composição heterogênea de terra e água, aos fluxos atmosféricos e a outros fatores representativos de cada local. (Bilow, 2012)

Contudo, a segunda abordagem não possibilita uma classificação climática do planeta Terra com base em todas as características e fatores associados ao conceito de clima. Vários investigadores procuraram, e procuram, classificar o clima com base em diferentes critérios. Uma das classificações com maior aceitação internacional é aquela proposta por Köppen, em 1900 (e continuamente melhorada até aos

dias de hoje), baseada no pressuposto de que a vegetação natural de cada região do planeta é essencialmente uma expressão do clima que nela prevalece.

A classificação de Köppen define cinco principais grupos climáticos existentes no planeta terra: tropical/equatorial (A), seco (B), temperado (C), boreal/subpolar (D) e polar (E). Por sua vez, existem diversos tipos e subtipos associados aos diferentes grupos, representados por um conjunto de letras minúsculas. A definição destes grupos, tipos e subtipos baseia-se na observação e análise de longas séries de dados (anuais e mensais) da temperatura à superfície da terra e da precipitação tendo como fundamento a vegetação do local como a melhor expressão do clima. (Khlebnikova, 1975)

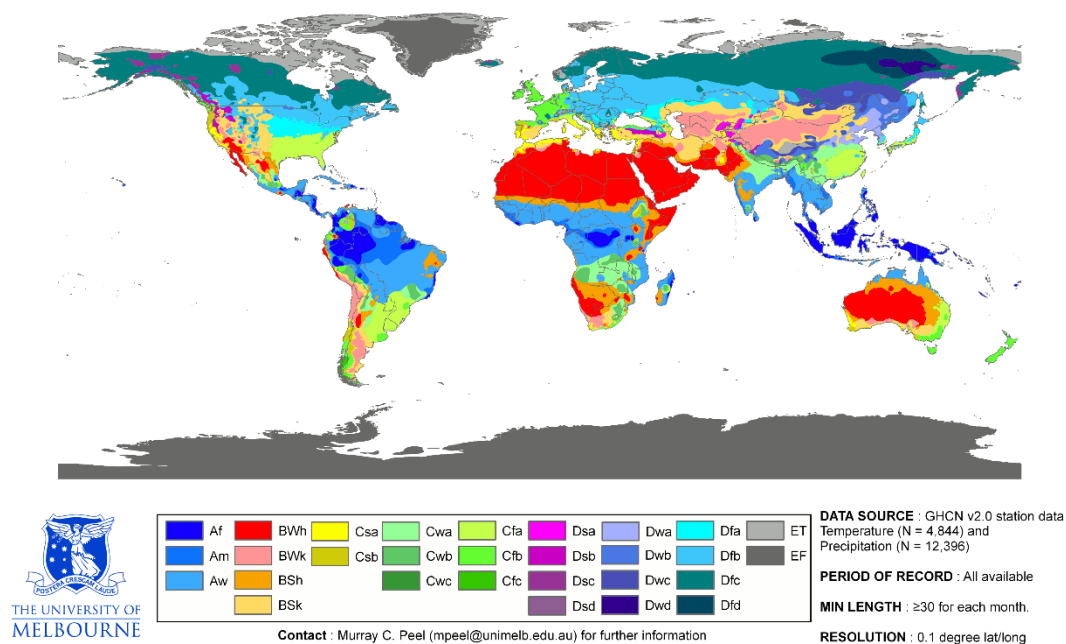


Figura 5.1 – Mapa-mundo da Classificação Climática de Köppen (adaptado de [http://en.wikipedia.org/wiki/Köppen\\_climate\\_classification](http://en.wikipedia.org/wiki/Köppen_climate_classification))

A Figura 5.1 representa o mapa do planeta dividido segundo a classificação de Köppen. A primeira letra maiúscula, do grupo principal, denota a característica geral do clima de uma região, constituindo o indicador do grupo climático (divisão do clima mundial em cinco grandes grupos). A segunda letra, uma minúscula, estabelece o tipo de clima dentro do grupo e denota as particularidades do regime pluviométrico, ou seja, a quantidade e distribuição da precipitação para os grupos A, C e D. Nos grupos cuja primeira letra seja B ou E, a segunda letra denota a quantidade da precipitação total anual ou a temperatura média anual, respetivamente. A terceira e última letra minúscula, indica a temperatura média mensal do ar dos meses mais quentes ou a temperatura média anual do ar, dependendo do tipo de grupo principal.

Atualmente, para além de ser aquela que apresenta maior aceitação internacional é, segundo Bilow (2012), a que apresenta maior utilidade no que concerne a aspetos arquitetónicos, devido à consideração da relação entre vegetação e elementos climáticos.

Esta classificação é especialmente útil na comparação de diferentes climas de acordo com uma análise global. Uma vez que esta classificação apresenta uma divisão bastante simplificada do território nacional

português, utiliza-se o zonamento climático preconizado pelo *Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios* (RCCTE). Este zonamento pressupõe que o país é dividido em três zonas climáticas de inverno (I1, I2 e I3) e em três zonas climáticas de verão (V1, V2, V3).

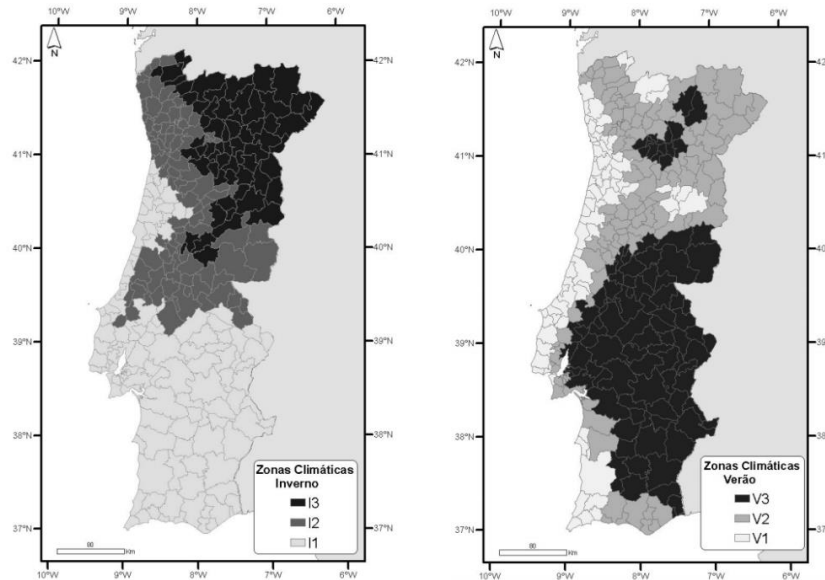


Figura 5.2 – Zonas Climáticas de Inverno e Verão para Portugal Continental (adaptado de RCCTE, 2006)

O clima pode ainda subdividir-se, de acordo com a área em estudo e a sua variação no tempo, em macro, meso e micro. O macroclima é utilizado no estudo das condições climáticas observadas em áreas vastas. O mesoclima descreve as condições climáticas de espaços definidos, como por exemplo cidades. A diferenciação entre mega e meso depende, usualmente, do tipo de estudo e do autor.

O microclima está relacionado com o clima a uma escala mais reduzida. Fatores locais, como por exemplo o sombreamento de edifícios, a presença de vegetação ou a localização geográfica (vale ou montanha), podem determinar o microclima de uma região. Contrariamente ao macroclima, o microclima varia, num curto espaço de tempo, de acordo com a alteração das condições locais. (Bilow, 2012)

A especificação do estudo do clima relacionado com conceitos arquitetónicos ou física das construções atinge, ainda, uma dimensão mais reduzida: o clima interior de um edifício. O clima interior de um espaço ou edifício é um tipo de clima artificialmente criado de modo a satisfazer condições de conforto específicas aos seus utilizadores.

Neste capítulo pretende-se descrever o clima em diferentes regiões do território nacional para, posteriormente, inferir acerca de soluções construtivas baseadas numa arquitetura bioclimática.

## 5.2. ANÁLISE CLIMÁTICA

Para a análise do clima escolheram-se três estações meteorológicas – Porto, Évora e Faro – que procuram traduzir o clima de três zonas representativas do território. As duas últimas zonas apresentam a mesma classificação de Köppen, distinta da primeira, e todas se classificam de modo diferente de acordo com a classificação proposta no RCCTE.

A análise climática baseia-se nos dados disponibilizados gratuitamente pelo IWE<sup>18</sup>.

Os dados meteorológicos disponibilizados pelo IWE consistem em registos discretos (horários, diários e mensais) ao longo de séries temporais de 18 ou mais anos (ASHRAE, 2001), dependendo da estação. Esses dados são compostos por valores reais registados e valores obtidos através da interpolação de modelos de regressão matemáticos. Posteriormente são extraídos 12 meses representativos da série temporal e convertidos num ficheiro *.epw* para o cálculo energético adaptado a edifícios.

Para efeitos do presente trabalho recolheram-se os dados dos ficheiros *.epw* e procedeu-se ao seu tratamento através de uma folha de cálculo.

A estação meteorológica do Porto pode ser identificada através do seu código universal, 085450, ou localizada através das suas coordenadas geográficas: (41.21, -8.68)<sup>19</sup> à cota de 73 metros. De acordo com a classificação de Köppen, localiza-se no grupo definido pelas letras *Csb*, ou seja, num clima temperado com inverno chuvoso e verão seco e pouco quente. Segundo o RCCTE o concelho localiza-se na zona climática de inverno I2 e na zona climática de verão V1.

O concelho de Évora pertence ao grupo *Csa* da classificação de Köppen (clima temperado com inverno chuvoso e verão seco e quente) e no zonamento climático de inverno e verão I1 e V3, respetivamente. A estação climática, 085570, pode ser localizada geograficamente através das coordenadas geográficas decimais (38.57, -7.90) e encontra-se a uma altitude de 321 metros.

O concelho de Faro pertence, à semelhança do de Évora, ao grupo *Csa*. O RCCTE atribui um zonamento climático de inverno igual ao de Évora (I1) e um zonamento climático de verão V2. A estação climática localiza-se a 4 metros de altitude com (37.02, -7.97) de coordenadas geográficas.

---

<sup>18</sup> International Weather for Energy Calculation

<sup>19</sup> Note-se que as coordenadas (latitude e longitude) apresentam-se em graus decimais. O formato em graus, minutos e segundos (DMS) para a estação do Porto é: 41°12'36"N, -8°40'49"W

### 5.2.1. TEMPERATURA DO AR SECO

A temperatura do ar seco é medida diretamente através de termómetros e é aquela indicada habitualmente pelos boletins meteorológicos. Assim, é um fator climático com a qual o ser humano está familiarizado, permitindo uma avaliação intuitiva das condições meteorológicas de um determinado local.

Com base no tratamento de dados da série temporal representativa de pelo menos 18 anos é possível ilustrar graficamente (ver Figura 5.3, Figura 5.4 e Figura 5.5) as variações horárias da temperatura do ar seco na região do Porto, Évora e Faro, respetivamente.

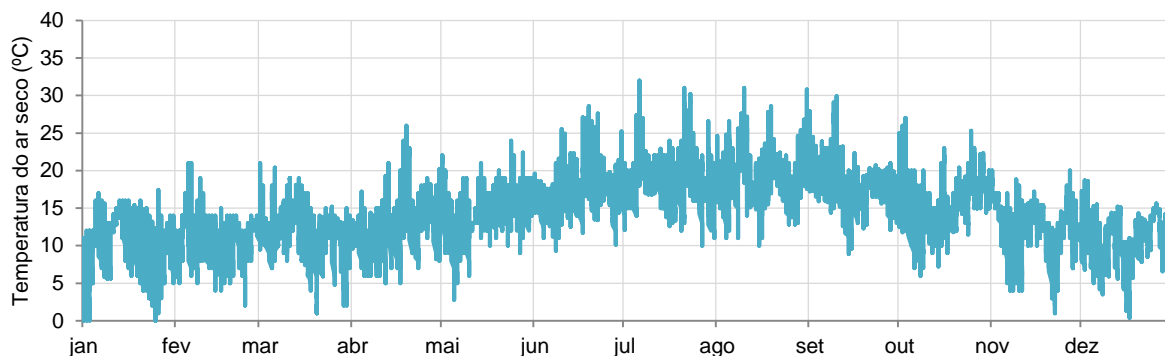


Figura 5.3 – Distribuição anual horária da temperatura do ar seco no concelho do Porto

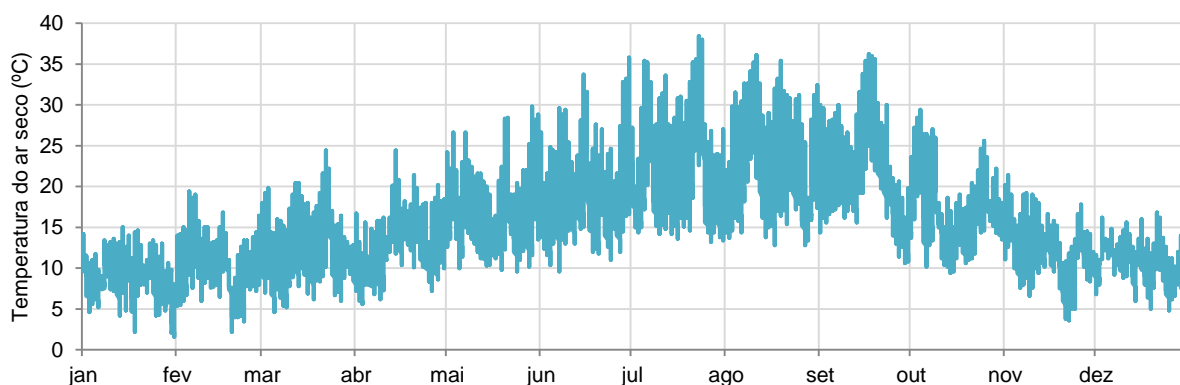


Figura 5.4 – Distribuição anual horária da temperatura do ar seco no concelho de Évora

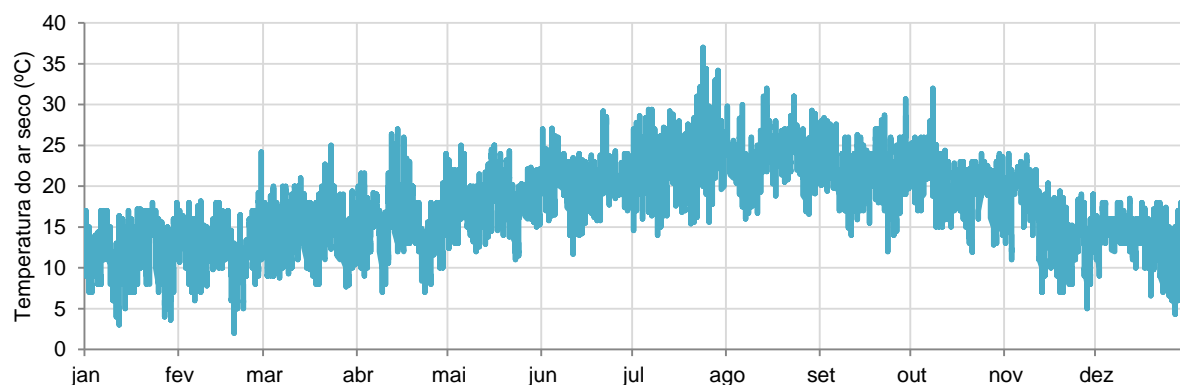


Figura 5.5 – Distribuição anual horária da temperatura do ar seco no concelho de Faro

Pela observação da Figura 5.3 é possível identificar uma tendência sazonal no concelho do Porto, com temperaturas mínimas nos meses de inverno próximas dos 0°C e com temperaturas máximas nos meses de verão a atingir valores próximos dos 32°C. Observa-se ainda uma subida e uma descida gradual da temperatura durante a primavera e o outono, respetivamente.

A temperatura ambiente média horária para a região de Évora, ilustrada na Figura 5.4, evidencia uma região com sazonalidade de estações, com os meses de inverno a registarem temperaturas mínimas de aproximadamente 2°C e o verão, mais quente, com temperaturas máximas de 38°C durante os meses de julho e agosto. Comparativamente ao gráfico da Figura 5.3 é visível um padrão de flutuação de temperaturas diárias (entre dia e noite) mais constante ao longo dos meses de verão, com vários dias a registarem temperaturas diurnas e noturnas de 32°C e 16°C, respetivamente. Por esse motivo a amplitude térmica preconizada no RCCTE assume o valor de 17°C.

À semelhança do que se verifica na região de Évora, a distribuição média horária da temperatura do ar seco em Faro, ilustrada na Figura 5.5, apresenta uma tendência sazonal. As flutuações de temperatura diárias (entre dia e noite) são ainda mais constantes durante todo ano, mas com uma amplitude inferior às duas regiões anteriormente analisadas. A temperatura média anual é a maior registada dos três concelhos, verificando-se ainda estações com temperaturas ligeiramente superiores àquelas registadas nas duas outras regiões.

A variação da temperatura do ar horária pode ser representada com maior detalhe para qualquer região de modo a avaliar as flutuações de temperatura entre dia e noite para um período de tempo reduzido, como por exemplo uma estação sazonal ou alguns dias de um determinado mês. A Figura 5.6, ilustra a título de exemplo a flutuação da temperatura diária ao longo dos primeiros três dias do mês de janeiro no concelho do Porto, sendo evidente um padrão na variação da temperatura do ar entre dia e noite, com valores médios de 11°C e 3°C, respetivamente.

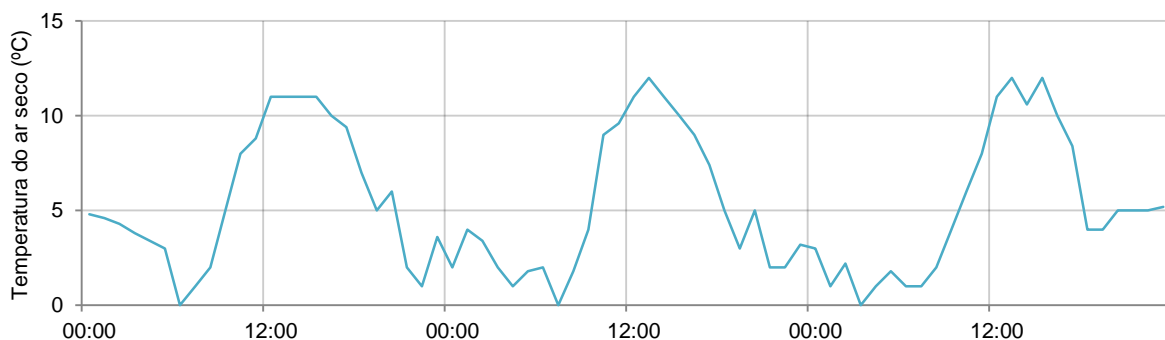


Figura 5.6 – Flutuação da temperatura do ar entre dia e noite nos três primeiros dias de janeiro no concelho do Porto

Estas flutuações, aparentemente inócuas em climas temperados, apresentam-se como uma solicitação importante nalgumas zonas do planeta, podendo introduzir esforços significativos em estruturas restringidas.



No Quadro 5.1 apresentam-se os principais registos observados para os concelhos do Porto, Évora e Faro.

Quadro 5.1 – Resumo dos registos observados da temperatura do ar nos concelhos do Porto, Évora e Faro

		PORTO	ÉVORA	FARO
NÚMERO DE HORAS	Abaixo dos 0°C	0 h	0 h	0 h
	Abaixo dos 15°C	4741 h ou 197 dias	4515 h ou 188 dias	2604 h ou 108 dias
	Acima dos 25°C	173 h ou 7 dias	974 h ou 40 dias	724 h ou 30 dias
TEMPERATURA	Máxima	32°C	38.4°C	37°C
	Média	14.3°C	15.8°C	17.8°C
	Mínima	0°C	1.6°C	2°C
AMPLITUDE TÉRMICA	Máxima (entre as 00:00 e as 12:00)	15°C	16°C	12°C

No concelho do Porto a temperatura exterior de projeto<sup>20</sup>, definida pelo RCCTE, assume o valor de 30°C e a amplitude térmica o valor de 9°C, valor este bastante reduzido comparativamente ao registado.

Em Évora a temperatura máxima registada durante o mês de julho (38.4°C) excede a temperatura exterior de projeto (35°C) indicada para o concelho no RCCTE.

No caso de Faro a amplitude ou flutuação térmica diária máxima registada é igual à indicada pelo RCCTE e para a temperatura exterior de projeto o valor registado é superior em 5°C.

## 5.2.2. HUMIDADE E TEMPERATURA PONTO DE ORVALHO

A humidade pode ser definida como a quantidade de vapor de água existente na atmosfera. Existem diversas maneiras de representar a humidade: a humidade relativa traduz (em percentagem) a razão entre quantidade de vapor de água presente numa porção da atmosfera e a quantidade máxima de vapor de água que essa porção pode suportar (saturação), mantendo a temperatura e pressão constantes; a humidade específica traduz a razão de massa de vapor de água por quilograma de massa de ar, habitualmente em g/kg; e a humidade absoluta é a massa total de água existente num determinado volume (g/m<sup>3</sup>).

De modo a perceber simplifcadamente o conceito imagine-se que quando a humidade relativa atinge, por exemplo, o valor de 12 g/kg o ser humano experimenta uma sensação de clima húmido e quente; ou os espaços que contêm piscinas interiores apresentam em média uma humidade de 14 g/kg.

<sup>20</sup> A temperatura exterior de projeto pode ser definida como “a temperatura exterior que não é ultrapassada inferiormente, em média, durante mais do 2.5% do período correspondente à estação de aquecimento, ou excedida, em média, durante mais do que 2.5% do período corresponde à estação de arrefecimento, sendo portanto as temperaturas convencionadas para o dimensionamento corrente de sistemas de climatização” (RCCTE)

As séries de dados IWECC incluem medições horárias da humidade relativa assim como a pressão atmosférica correspondente. De modo a obter os valores da humidade específica para posteriormente representar num diagrama psicrométrico, recorre-se à seguinte equação (Vaisala, O. 2013):

$$X = \frac{B \cdot P_w}{(P_{tot} - P_w)} \quad (5.1)$$

onde  $P_{tot}$  corresponde à pressão atmosférica e  $B$  é uma constante do gás, sendo  $B = 621.9907 \text{ g/kg}$  para o ar

A pressão do vapor de água,  $P_w$ , pode ser obtida através da seguinte equação:

$$P_w = RH \cdot \frac{P_{ws}}{100} \quad (5.2)$$

onde  $RH$  é a humidade relativa em percentagem e  $P_{ws}$  a pressão do vapor de água saturado

A pressão do vapor de água saturado é dada por:

$$P_{ws} = A \cdot 10^{\left(\frac{m \cdot T}{T + T_n}\right)} \quad (5.3)$$

onde  $A = 6.116441$ ,  $m = 7.591386$  e  $T_n = 240.7263$  ( $-20^\circ\text{C}$  a  $+50^\circ\text{C}$ ) são constantes da água

Seguidamente representa-se a distribuição horária anual da humidade específica para os três concelhos.

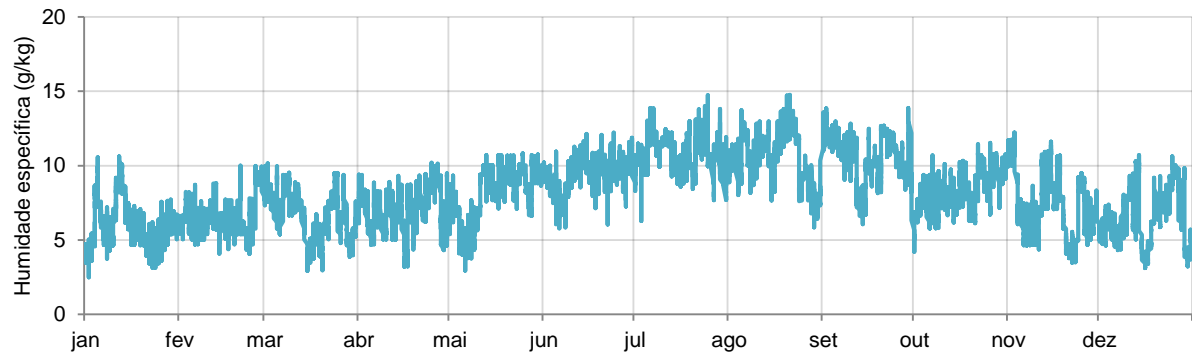


Figura 5.7 – Distribuição anual horária da humidade específica no concelho do Porto

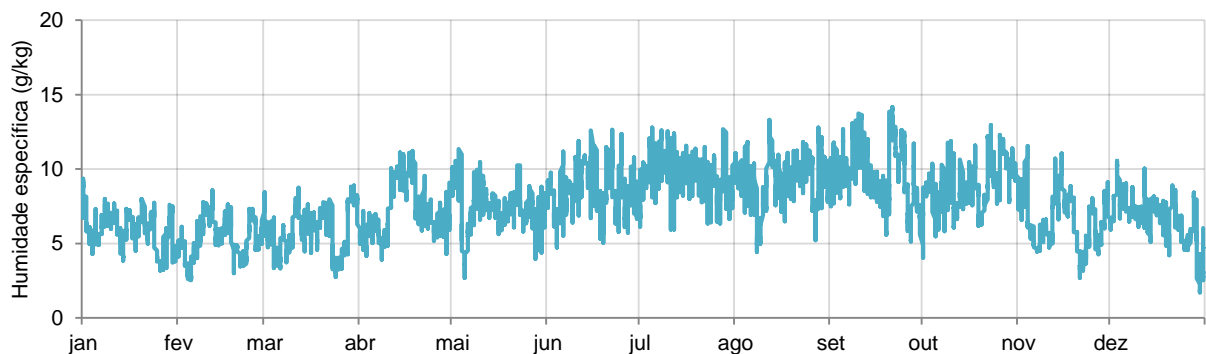


Figura 5.8 – Distribuição anual horária da humidade específica no concelho de Évora

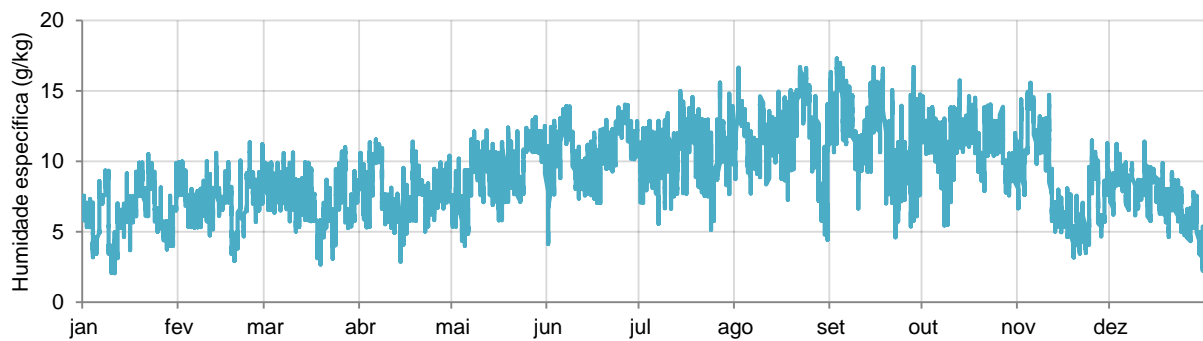


Figura 5.9 – Distribuição anual horária da humidade específica no concelho de Faro

O perfil horário da humidade específica do ar – Figura 5.8 – apresenta um padrão de distribuição semelhante ao da temperatura do ar seco: meses de inverno com humidades específicas menores (1.7 g/kg mínimo registado) e meses de verão onde se verifica um aumento da humidade do ar (14 g/kg máximo registado).

A distribuição anual do perfil de humidade específica diário para o concelho de Faro é semelhante ao da região de Évora, contudo com valores ligeiramente superiores, com os meses de inverno a registarem valores mínimos de 2.3 g/kg e os meses de verão valores máximos de 17.3 g/kg. A humidade média anual é de aproximadamente 9 g/kg, a registar uma ocorrência igual a 1232 horas por ano.

A temperatura de ponto de orvalho é outro fator meteorológico com especial interesse na análise climática de uma região. O ponto de orvalho pode ser definido como a temperatura à qual, mantendo-se constante uma determinada pressão atmosférica, ocorre condensação do vapor de água existente na atmosfera. Quando a temperatura do ar seco iguala a temperatura ponto de orvalho dá-se a saturação do ar, atingindo-se uma humidade relativa de 100%. Assim, quanto maior a diferença entre a temperatura do ar seco e a temperatura ponto de orvalho, mais seco será o ar.

As Figuras 5.10, 5.11 e 5.12, ilustram simultaneamente a distribuição anual média diária da temperatura do ar seco (cor de laranja) e ponto de orvalho (cor azul) nos três concelhos.

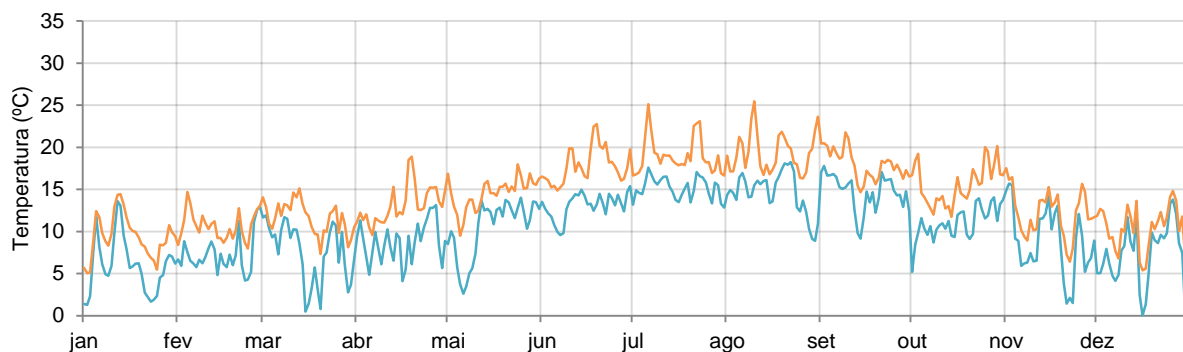


Figura 5.10 – Distribuição anual diária da temperatura do ar seco e de ponto de orvalho no concelho do Porto

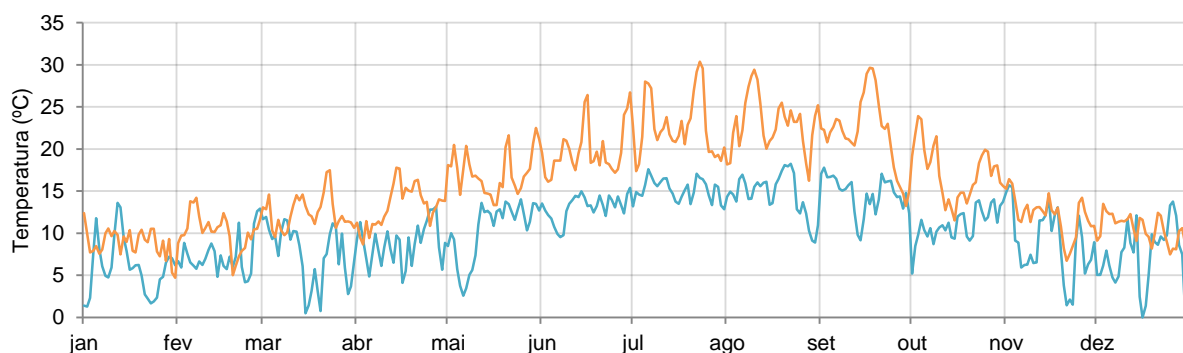


Figura 5.11 – Distribuição anual diária da temperatura do ar seco e de ponto de orvalho no concelho de Évora

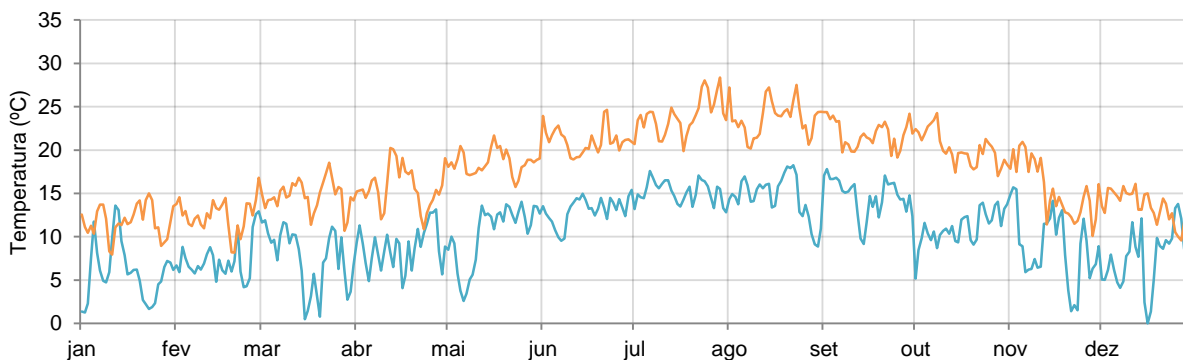


Figura 5.12 – Distribuição anual diária da temperatura do ar seco e de ponto de orvalho no concelho de Faro

A proximidade das temperaturas do ar e de ponto de orvalho na região do Porto, representada na Figura 5.10, confirmam o clima temperado observado nesta região.

Para o concelho de Évora é notório o desfasamento mais acentuado entre as duas temperaturas representadas no gráfico da Figura 5.11 durante os meses de verão, traduzindo-se em meses mais secos.

Na região de Faro, o desfasamento observável na Figura 5.12 entre as duas temperaturas é sensivelmente superior ao longo de todo o ano quando comparado com as regiões de Évora e do Porto.

### 5.2.3. DIAGRAMA PSICROMÉTRICO

A psicrometria trata das propriedades termodinâmicas do “ar húmido”. A representação gráfica destas propriedades e das relações existentes entre si permite obter o que se designa por Diagrama Psicrométrico. Este diagrama é sempre relativo a uma determinada pressão atmosférica, normalmente a pressão atmosférica de referência (101.3 kPa), pelo que se deve proceder às devidas correções se a pressão atmosférica for diferente daquela a que corresponde o diagrama.

As Figura 5.13, Figura 5.14, e Figura 5.15 ilustram os três diagramas psicrométricos obtidos para os concelhos do Porto, Évora e Faro, respetivamente.

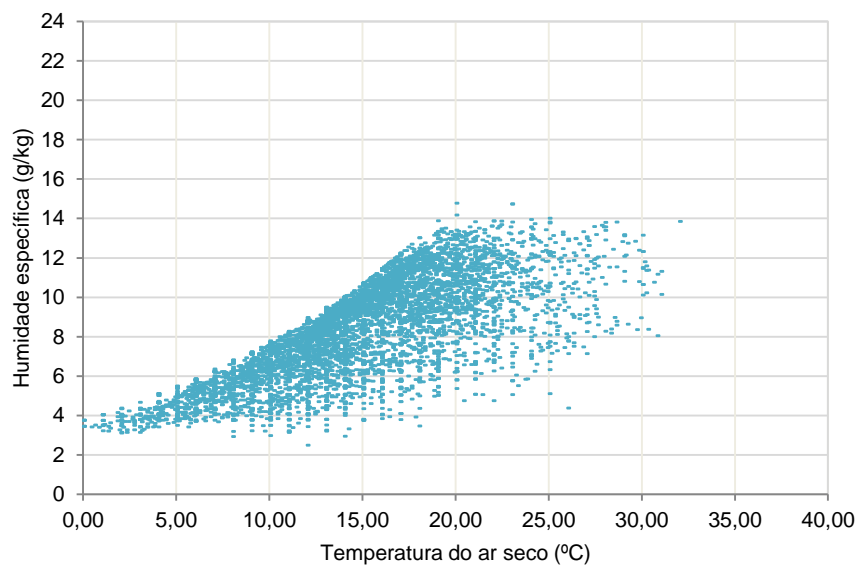


Figura 5.13 – Diagrama psicrométrico do concelho do Porto

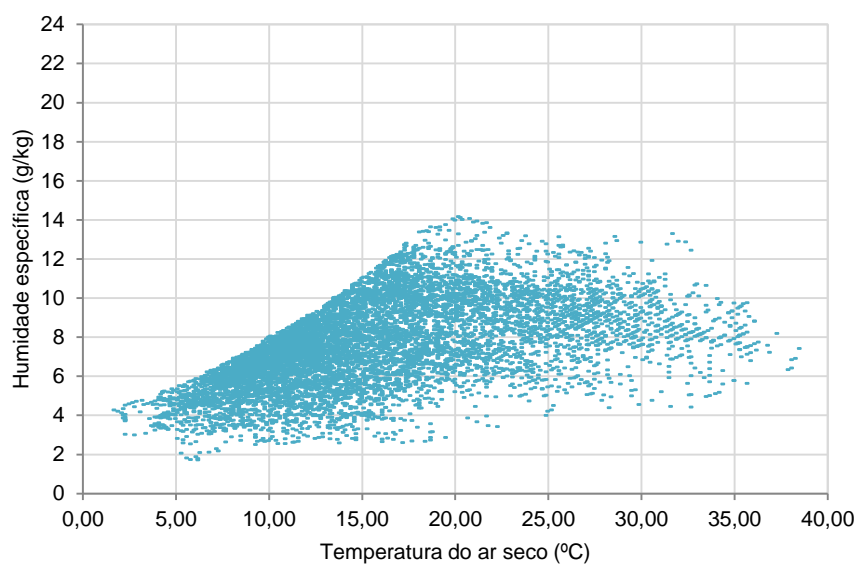


Figura 5.14 – Diagrama psicrométrico do concelho de Évora

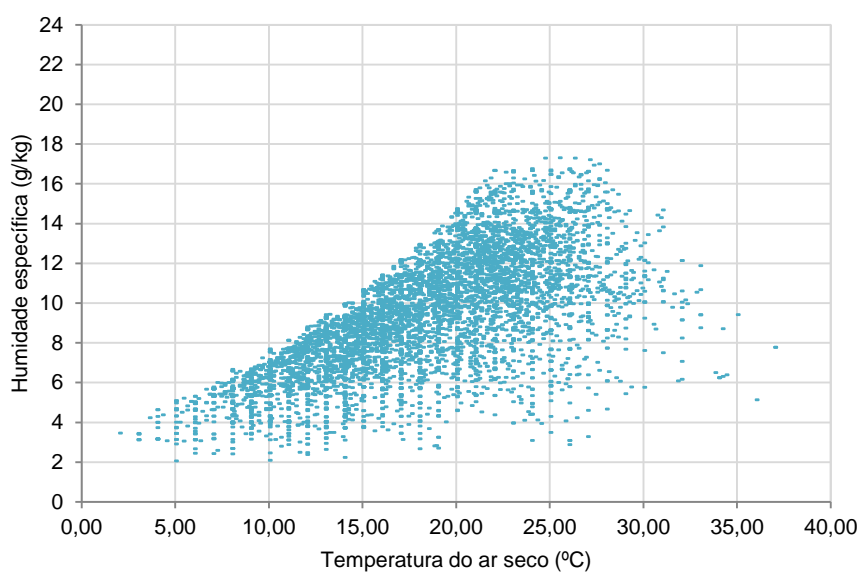


Figura 5.15 – Diagrama psicrométrico do concelho de Faro

#### 5.2.4. RADIAÇÃO SOLAR

A energia emitida pelo Sol designa-se por radiação solar. De toda a radiação solar emitida pelo sol apenas uma parte atinge a superfície terrestre devido, essencialmente, à reflexão e absorção dos raios solares pela camada da atmosfera.

A radiação solar incidente na superfície terrestre é composta por uma componente direta, por uma componente difusa e por uma componente refletida pelo ambiente circundante que, normalmente é insignificante quando comparada com as duas primeiras.

A série de dados utilizada (IWECC) contém registos horários das duas primeiras componentes. Assim, para a análise da radiação global solar (RGS), ou seja, a quantidade de radiação solar recebida por metro quadrado de superfície horizontal por ano, pode recorrer-se, desprezando a componente refletida, à seguinte equação:

$$RGS = RDH + RDN \cdot \cos(z) \quad (5.4)$$

onde  $RDH$  é a radiação difusa horizontal,  $RDN$  a radiação direta normal e  $z$  o ângulo zenital

A densidade de nuvens pode ser tal que a componente direta da radiação assume o valor nulo, reduzindo-se a radiação global solar recebida à componente difusa. (Bilow, 2012)

No âmbito do presente trabalho interessa representar a radiação global média mensal, de modo a evidenciar a quantidade de radiação solar recebida nos diferentes meses do ano, tal como se ilustra na **Erro! A origem da referência não foi encontrada., Erro! A origem da referência não foi encontrada. e Erro! A origem da referência não foi encontrada.**, para os concelhos de Porto, Évora e Faro, respetivamente. Ilustra-se também, no mesmo gráfico, a temperatura média mensal do ar seco, observando-se nos meses de inverno uma diminuição da radiação global recebida à superfície da Terra.

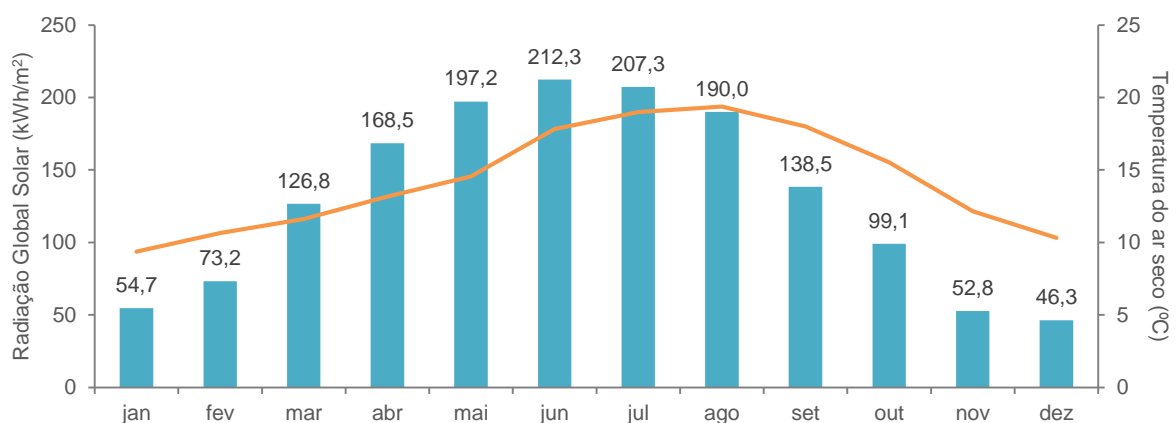


Figura 5.16 – Radiação global solar mensal no concelho do Porto

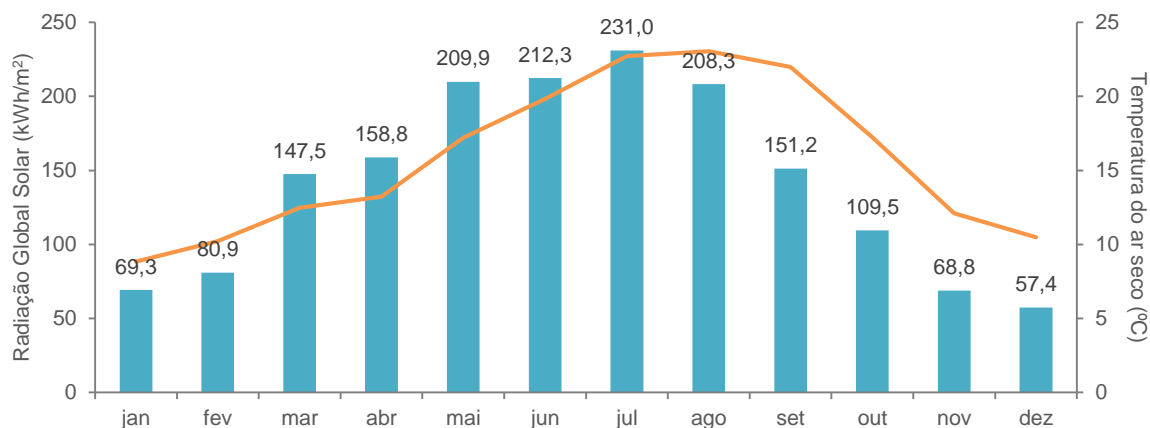


Figura 5.17 – Radiação global solar no concelho de Évora

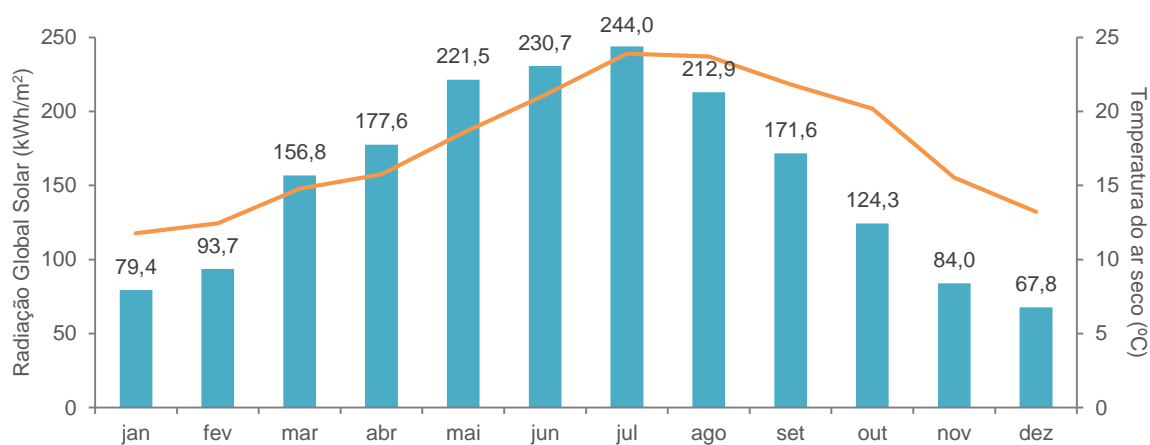


Figura 5.18 – Radiação global solar no concelho de Faro

A radiação global solar total recebida, na região do Porto, é de aproximadamente 1550 kWh/m²/ano.

A radiação global solar recebia anualmente na região de Évora é de aproximadamente 1700 kWh/m². A distribuição mensal – **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** – mostra que durante os meses de inverno as quantidades de radiação recebidas são inferiores, enquanto os meses de verão são aqueles onde a energia solar recebida atinge valores superiores, com julho a registar o valor máximo de 231 kWh/m².

A radiação solar global recebida por ano no concelho de Faro é de aproximadamente 1850 kWh/m², sendo dos três a região com maior energia solar recebida por ano.



### 5.2.5. VENTO

O vento pode ser definido como o fluxo de ar (ou gases) causado por diferenças de pressão. O seu comportamento é altamente influenciado pelas condições geográficas e urbanas de um determinado local. Por esse motivo, os anemómetros e os sensores de direção que registam respetivamente a velocidade e a direção do vento, devem estar posicionados de forma a reduzir as interferências no escoamento do fluido.

Ao contrário do que acontece com a variação da temperatura, que ocorre gradualmente ao longo de um dia traduzindo-se em dois períodos distintos, diurno e noturno, a variação da velocidade e direção do vento ocorre a uma escala muito mais reduzida. De facto, considerar o dia como a unidade de tempo introduz erros na análise dos registos, uma vez que a média diária das direções ou velocidades não representa a frequência real ou a intensidade de ocorrência, respetivamente. Por esse motivo, os dados representativos são aqueles compilados numa série horária.

Os dados obtidos, do ficheiro *.epw*, contêm o registo horário da direção (entre 0° e 360°, onde 0° e 360° correspondem ao norte geográfico, 90°, 180° e 270° ao este, sul e oeste, respetivamente) e da velocidade. O tratamento de dados consistiu no arredondamento dos valores da direção para o múltiplo de dez mais próximo e na medição da frequência de ocorrência de cada um desses valores.

Seguidamente representam-se, através de um gráfico em forma de rosa-dos-ventos, a percentagem de ocorrência de ventos segundo uma determinada orientação e as velocidades médias registadas para cada uma das direções dos três concelhos analisados.

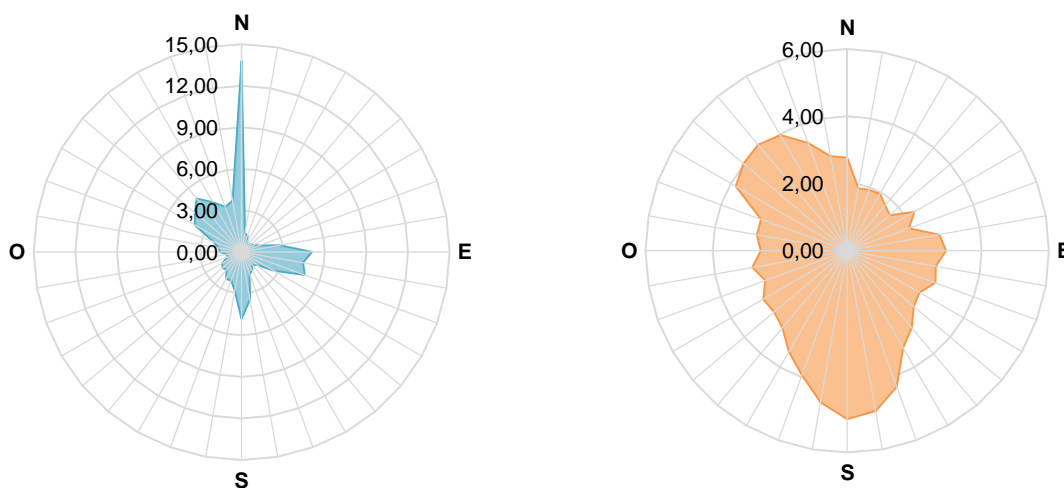


Figura 5.19 – a. Observações diárias da direção do vento no concelho do Porto (%); b. Velocidades médias diárias do vento no concelho do Porto (m/s)

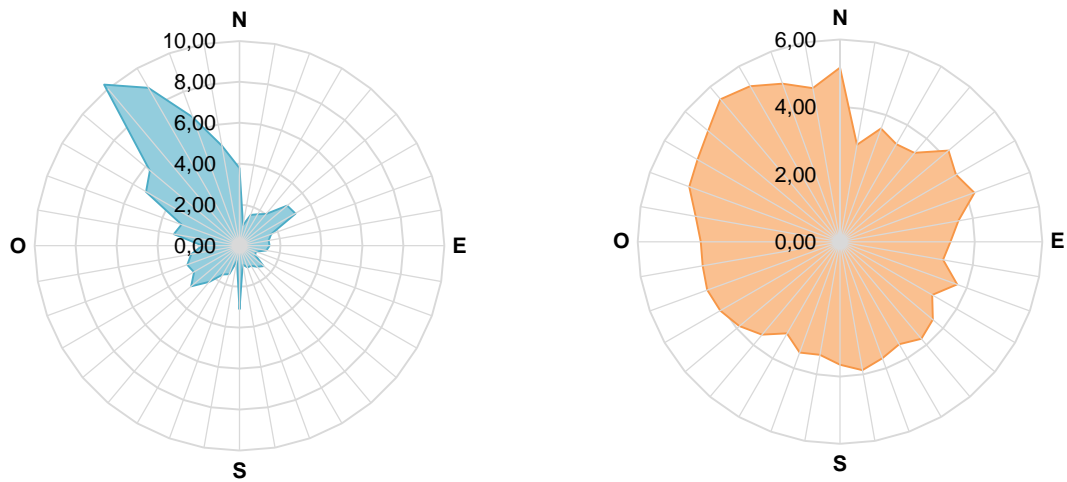


Figura 5.20 – a. Observações diárias da direção do vento no concelho de Évora (%); b. Velocidades médias diárias do vento no concelho de Évora (m/s)

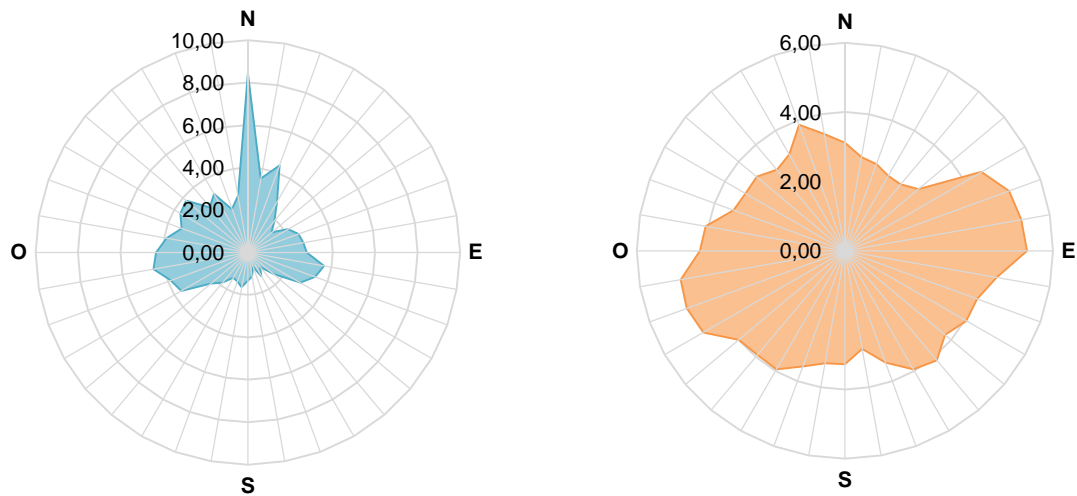


Figura 5.21 – a. Observações diárias da direção do vento no concelho de Faro (%); b. Velocidades médias diárias do vento no concelho de Faro (m/s)

Pela observação da Figura 5.19 é possível constatar que a direção preferencial do vento no concelho do Porto é segundo o quadrante norte-oeste (especificamente entre NO e N, 290° a 360°), com uma ocorrência de aproximadamente 40%. Quanto às velocidades registadas, verifica-se que os ventos com maior intensidade média provêm da direção sul (5 m/s), seguindo-se os ventos de noroeste com velocidades de aproximadamente 4 m/s.

À semelhança da região do Porto, a região de Évora denota o Noroeste como a direção preferencial de incidência do vento. A velocidade média do vento atinge o valor de 4.95 m/s, sendo que a direção noroeste é aquela que apresenta velocidades médias de incidência superiores, apesar de não ser absolutamente contrastante quando comparada com outras direções. (ver Figura 5.20)

Para a estação de Faro a direção preferencial do vento é segundo a direção norte, com cerca de 8% de ocorrências. As direções próximas do ponto cardinal oeste registam também um grande número de ocorrências, não podendo ser desprezadas. A velocidade média do vento é de aproximadamente 3.6 m/s, sendo que nenhuma direção apresenta velocidades de incidência claramente superiores às outras.

Note-se que a representação da frequência de direção preferencial do vento contempla todos os valores discretos registados por hora, mas a representação da velocidade considera uma média diária, sendo que os valores máximos e mínimos não são apresentados. Assim, a uma média registada de 5 m/s para uma dada direção, essa pode ser feita quer com intensidades constantes entre 4 e 6 m/s ou com intensidades alternadamente elevadas e fracas de 15 e 0 m/s. Torna-se evidente que a representação anteriormente apresentada não é a mais esclarecedora acerca da frequência de ocorrência de uma determinada velocidade.

Para identificar facilmente a probabilidade de ocorrência de uma determinada velocidade pode recorrer-se a uma função distribuição de probabilidade acumulada. A Figura 5.22, Figura 5.23 e Figura 5.24, ilustram a frequência de ocorrência em número de horas por ano de vento com uma determinada velocidade para os três concelhos.

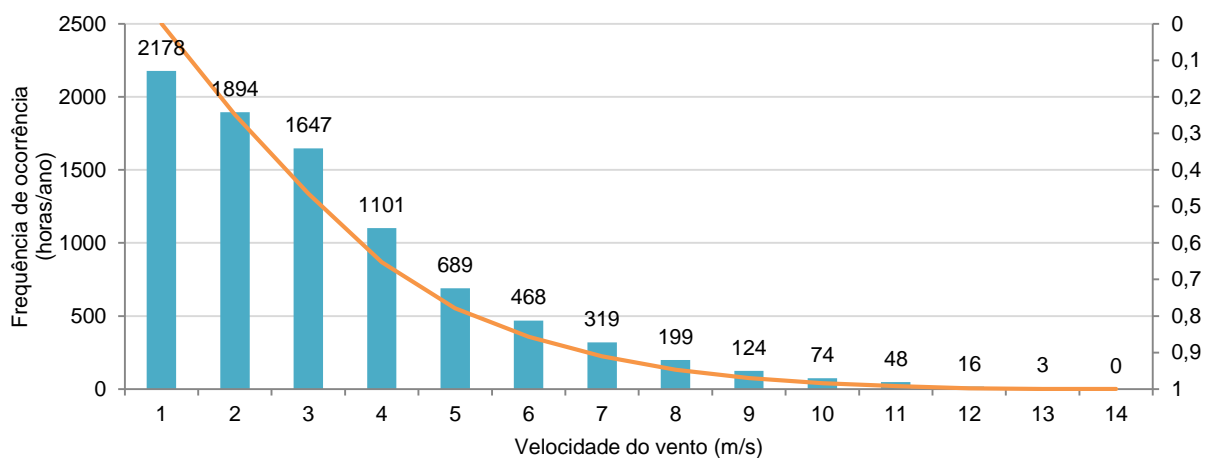


Figura 5.22 – Frequência de ocorrência das velocidades do vento no concelho do Porto

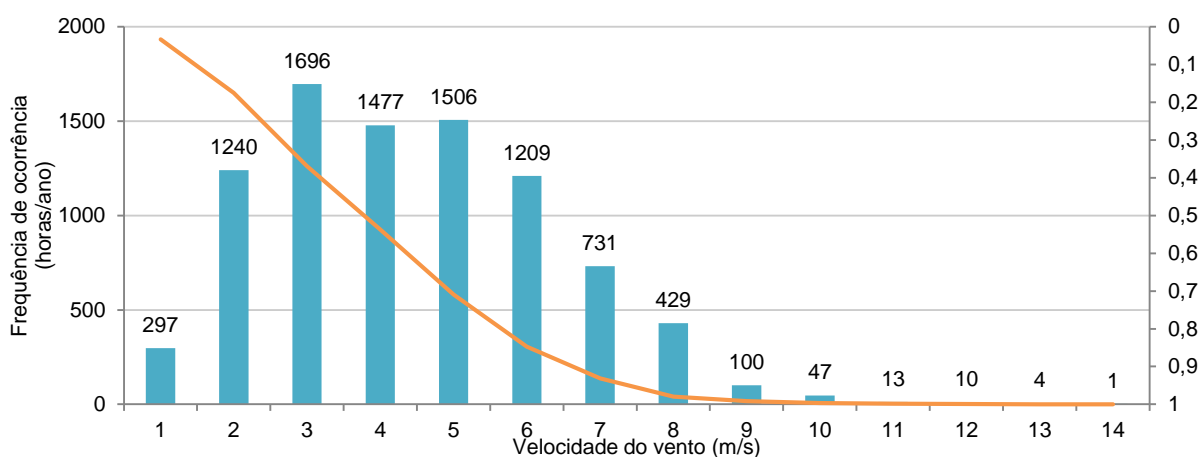


Figura 5.23 – Frequência de ocorrência das velocidades do vento no concelho de Évora

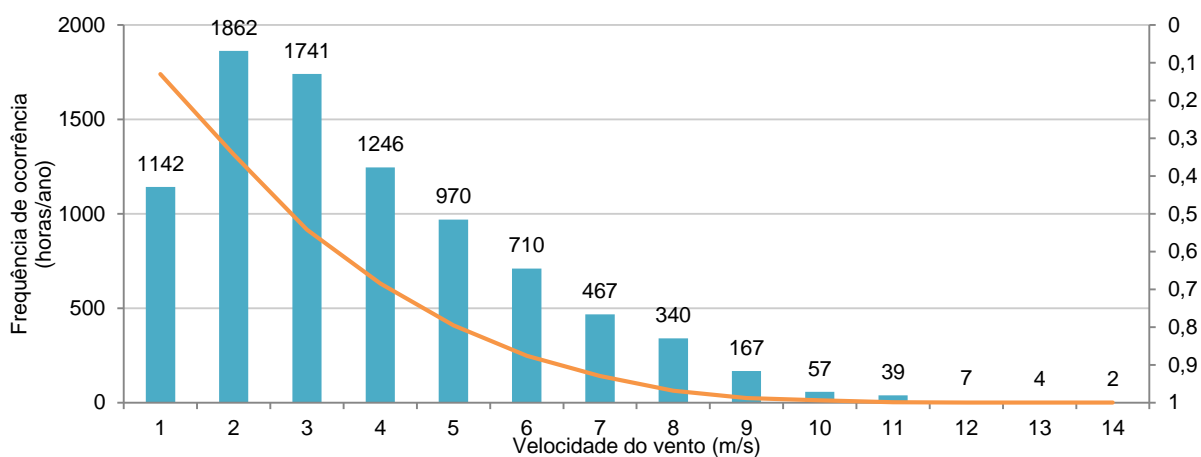


Figura 5.24 – Frequência de ocorrência das velocidades do vento no concelho de Faro

Para o concelho do Porto observa-se 90% das ocorrências com velocidade inferior a 6 m/s podendo concluir-se, de acordo com a classificação do Quadro 5.2, que existe uma predominância de brisa leve a fraca na região do Porto com um valor médio da velocidade do vento de 2.95 m/s.

Em Évora, a frequência de velocidades durante o ano regista o mais número de ocorrências no intervalo de velocidades entre 3 a 7 m/s, sendo vantajoso, quando comparativamente à região do Porto, para a exploração de aproveitamentos eólicos, como aerogeradores de pequena dimensão e cujas velocidades de operabilidade se situem nessa gama.

Estes dados são essencialmente úteis para o estudo das condições de ventilação e orientação dos edifícios. Por outro lado, as ocorrências com velocidades superiores são igualmente importantes para o projeto e dimensionamento de elementos constituintes de edifícios.

O Quadro 5.2 apresenta uma comparação quantitativa e qualitativa da velocidade do vento de acordo com a escala de Beaufort.

Quadro 5.2 – Classificação de Beaufort

VELOCIDADE		BEAUFORT		
m/s	km/h	Grau	Designação	Descrição
<0.3	<1	0	Calmo	Mar calmo; fumo ascende verticalmente
0.3 - 1.5	1 - 5	1	Aragem	Fumo oscila ligeiramente indicando a direção do vento; cata-ventos não se movimentam
1.6 - 3.3	6 - 11	2	Brisa leve	Vento sente-se na pele; ouvem-se as folhas das árvores; cata-ventos começam a mover-se
3.4 - 5.4	12 - 19	3	Brisa fraca	Folhas e as bandeiras agitam-se
5.5 - 7.9	20 - 28	4	Brisa moderada	Poeira e papéis soltos levantam; pequenos ramos começam a mexer-se
8 - 10.7	29 - 38	5	Brisa forte	Movimentação de grandes ramos e árvores pequenas
10.8 - 13.8	39 - 49	6	Vento fresco	Dificuldade em manter um guarda-chuva aberto; ouve-se o assobio do vento
13.9 - 17.1	50 - 61	7	Vento forte	Movimentação de árvores grandes; dificuldade em caminhar contra o vento

### 5.3. CONCLUSÕES

O comportamento e desempenho térmico de um edifício depende essencialmente de quatro fatores climáticos: a temperatura do ar exterior, a humidade do ar exterior, a radiação solar recebida e o vento (direção e velocidade).

Assim, torna-se imperativo explorar soluções construtivas que permitam uma adaptação sustentável e inteligente face aos climas observados nas diferentes regiões. Contudo, a zona climática por si só não deve ser exclusivamente o fator definidor dos princípios de projeto dos sistemas construtivos que constituem os edifícios Continente Modelo. Deve, por outro lado, permitir recolher um conjunto de informações que evidenciem algumas medidas construtivas de modo a obter um melhor desempenho energético e posteriormente estudar e desenvolver sistemas construtivos que integrem, no seu projeto, essas e outras medidas.

### 5.3.1. COMPARAÇÃO DO CLIMA DOS TRÊS CONCELHOS

O Quadro 5.3 reúne alguns dos principais valores registados nos três concelhos, permitindo uma comparação quantitativa dos fatores analisados.

Quadro 5.3 – Resumo dos principais valores registados nos três concelhos

	Zonamento Climático RCCTE		Temperatura média do ar seco	Amplitude térmica	Humidade específica média	Radiação solar	Direção vento	Velocidade do vento
	Inverno	Verão	°C	°C	g/kg	kWh/m <sup>2</sup> /ano	-	m/s
<b>Porto</b>	I <sub>2</sub>	V <sub>1</sub>	14.3	15	8	1550	N-NO	2.95
<b>Évora</b>	I <sub>1</sub>	V <sub>3</sub>	15.8	16	7	1700	NO	4.95
<b>Faro</b>	I <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	17.8	12	9	1850	N-O	3.60

Apesar do clima caracterizador dos diferentes concelhos não ser totalmente contrastante entre eles, existem algumas diferenças facilmente demonstradas pela análise dos diagramas psicrométricos.

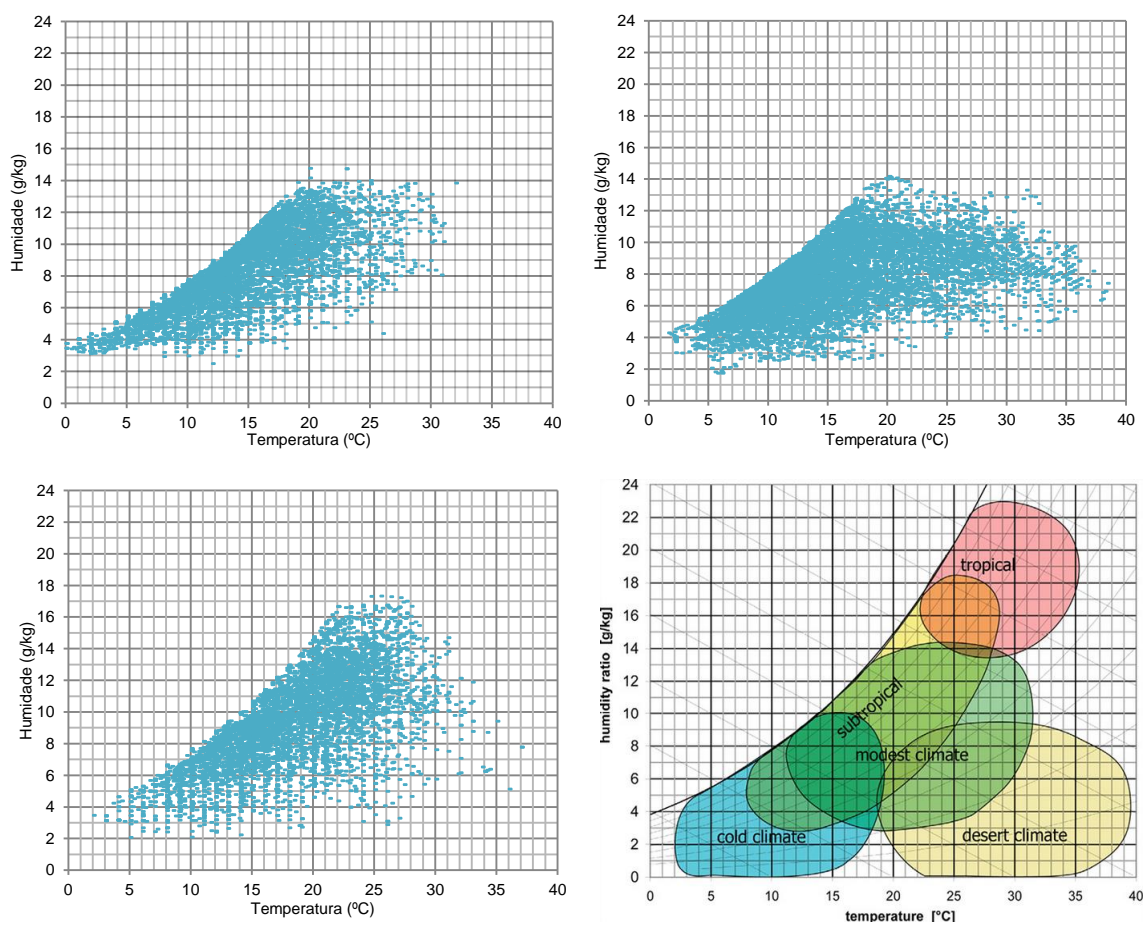


Figura 5.25 – Comparação dos diagramas psicrométricos dos três concelhos e classificação de zonas climáticas num diagrama psicrométrico (adaptado de Bilow, 2012)

Através da comparação dos diagramas psicrométricos é possível extrair inúmeras conclusões acerca do clima prevalecente nos três concelhos. A dispersão geométrica de pontos das nuvens permite identificar através da comparação com o diagrama psicrométrico da Figura 5.25, com a classificação de zonas climáticas, que o clima subtropical/moderado é aquele que mais se aproxima dos três concelhos.

A concentração de pontos de maior densidade é aquela de maior relevância, uma vez que indica uma frequência de ocorrência superior de um determinado conjunto de características climáticas.

O diagrama da cidade do Porto compreende quase a totalidade da nuvem de pontos na região subtropical, com alguns registos localizados na zona de clima frio devido às noites dos meses de inverno (com baixa temperatura e humidade).

Para o concelho de Évora, o diagrama psicrométrico apresenta a maior concentração de pontos na zona subtropical, mas também com alguma expressividade na zona climática árida ou desértica devido à estação de verão quente e seca.

O diagrama psicrométrico da cidade de Faro apresenta uma nuvem de pontos com um núcleo situado no clima subtropical. A diferença de latitude e a proximidade com o mar resulta em estações de verão com valores de temperatura e humidade superiores a 25°C e 14 g/kg, respetivamente, contribuindo para alguma dispersão da nuvem de pontos na zona superior do diagrama, correspondente a um tropical.

### 5.3.2. ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS

O desempenho térmico de um edifício está diretamente relacionado com o clima da região onde se insere assim como com as soluções arquitetónicas e de engenharia civil adotadas. Habitualmente essas soluções por si só não são suficientes para assegurar um conforto térmico dos utilizadores de um determinado edifício e, por esse motivo, recorre-se a sistemas mecânicos de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC).

Estabelecer os limites de uma zona de conforto é uma tarefa extremamente difícil porque a sensação de conforto, além de estar relacionada com um conjunto de variáveis, está também ligada à adaptação ao meio em que se vive, dificultando ainda mais a tarefa de encontrar um limite para o qual se possa afirmar, que dentro dele, se tem conforto e fora dele se tem desconforto.

Um dos objetivos finais da conceção de edifícios que contemplem conceitos arquitetónicos bioclimáticos é a obtenção natural das condições de conforto dos seus utilizadores.

Baruch Givoni, arquiteto israelita especialista em arquitetura bioclimática, propõe uma carta bioclimática que traduz o tipo de estratégias que devem ser implementadas no projeto de um edifício de acordo com o clima onde se insere de modo a atingir determinado conforto térmico. A carta bioclimática, representada num diagrama psicrométrico define uma zona de conforto, *N* (Neutra), que tem sido adaptada a diferentes normas internacionais, como a norma americana *ASHRAE 55-2004: Thermal Environmental Conditions* ou a norma alemã *DIN 1945: Thermodynamic Acceptance and Performance Test*, ilustradas na Figura 5.26.

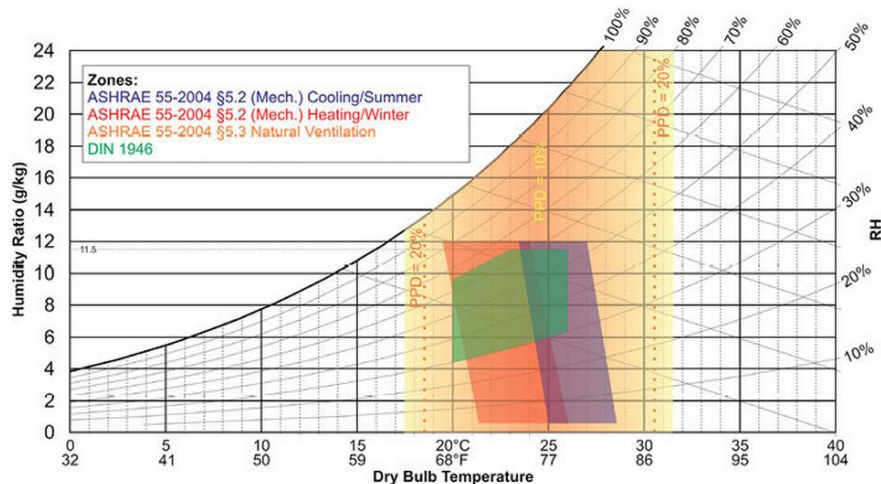


Figura 5.26 – Representação num diagrama psicrométrico de diferentes zonas de conforto propostas pelas normas ASHRAE 55-2004 e DIN 1946 (adaptado de Bilow, 2012)

Consoante a dispersão da nuvem de pontos à esquerda ou à direita da zona de conforto, diferentes estratégias de aquecimento ou arrefecimento, respetivamente, devem ser exploradas.

A zona de conforto da norma alemã é mais conservativa do que aquela apresentada pela norma americana e aproxima-se da zona proposta por Givoni. Neste trabalho considera-se uma zona de conforto aproximada daquelas apresentadas pela norma DIN 1946 e por Givoni, uma vez que o objetivo é extrair diferentes diretrizes estratégicas para os edifícios Continente Modelo localizados nos três concelhos e posteriormente analisar a sua influência nos consumos energéticos.

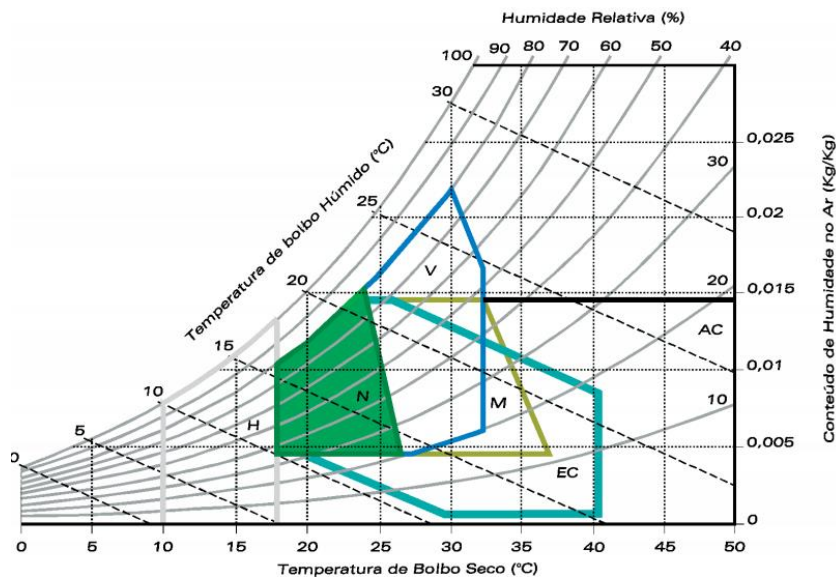


Figura 5.27 – Carta de bioclimática de Givoni (adaptado de Gonçalves, 2004)

A carta de Givoni, ilustrada na Figura 5.27, distingue dois tipos de estratégias: (i) de aquecimento; e (ii) de arrefecimento. As primeiras compreendem os pontos localizados na zona definida pela letra *H* (climas



com inverno rigoroso) e as segundas devem ser implementadas quando a nuvem de pontos assume expressividade nas zonas delimitadas pelas restantes letras: *V* (clima tropical e equatorial), *M* (clima quente com elevadas amplitudes térmicas), *EC* (climas muito secos e desérticos) e *AC* (zonas onde não é possível atingir o conforto térmico, *N*, sem recurso a sistemas AVAC).

Assim, as diferentes zonas podem ser representadas considerando a estratégia que deve implementada de modo atingir a zona de conforto (ou próximo). A Figura 5.28 apresenta outra proposta de implementação de diferentes medidas consoante a localização da nuvem de pontos.

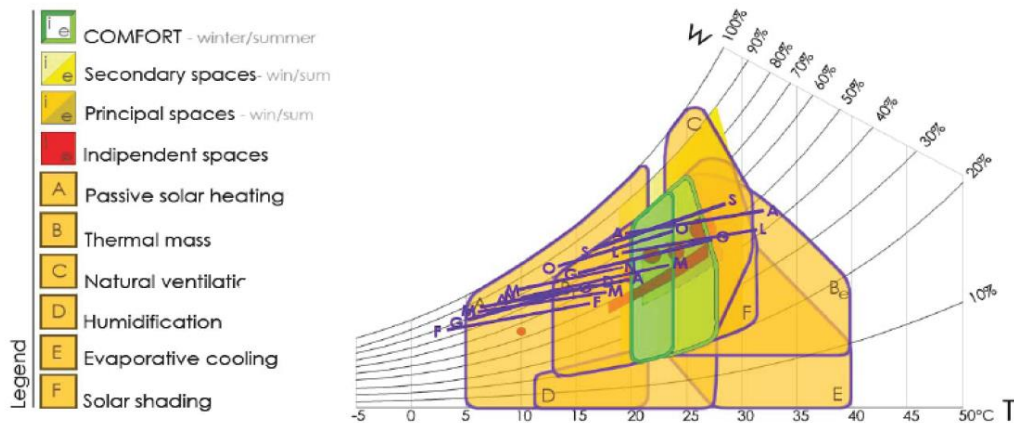


Figura 5.28 – Alternativa à carta bioclimática de Givoni (adaptado de Wyckmans,A. 2013)

#### 5.3.2.1. Ganhos Solares: Promoção e Restrição

Os ganhos solares de um edifício dependem da sua orientação e estão condicionados consoante a sua função. Os sistemas de aquecimento passivo, ou seja, aqueles que promovem os ganhos solares de um edifício, podem ser classificados segundo três tipos: (i) ganho direto, (ii) ganho indireto, ou (iii) ganho isolado. (Graça, 2004)

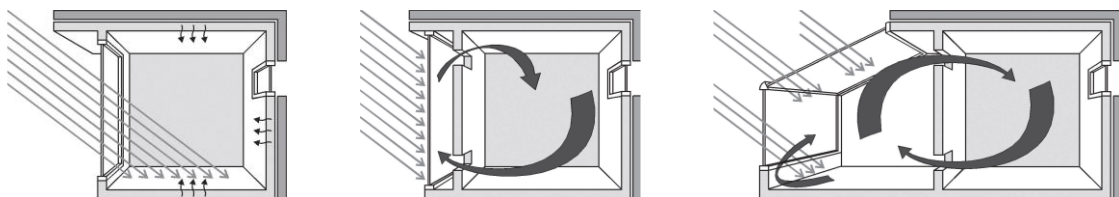


Figura 5.29 – Sistemas de aquecimento passivo: a. Direto, b. Indireto, c. Isolado

Nos sistemas de ganho direto a radiação solar é transmitida através de vãos envidraçados e incide no espaço e massas térmicas envolventes (paredes e pavimentos) que armazenam a energia solar.

Nos sistemas de ganho indireto, as massas térmica dos sistemas são interpostas entre a superfície de ganho e o espaço a aquecer. A massa térmica absorve a energia solar nela incidente, sendo posteriormente transferida para o espaço. Alguns exemplos destes sistemas apresentam-se na Figura 5.30



Figura 5.30 – Exemplos de sistemas de aquecimento passivo: a. Vão Envidraçado, b. Parede de Trombe, c. Coluna de Água

Os sistemas de ganho isolado compreendem uma área de captação de radiação solar externa às atividades do edifício, operando de modo independente. Os espaços estufa são exemplos deste tipo de sistema: a energia solar recebida é transmitida ao espaço adjacente por condução através da parede de armazenamento que os separa e ainda por convecção, no caso de existirem orifícios que permitam a circulação de ar.

No caso do setor retalhista a utilização de envidraçados de modo a evidenciar o interior do edifício e consequentemente propiciar um aumento dos ganhos solares, tem vindo a apresentar-se como a solução mais recorrente.

A luz solar é, normalmente, bem-vinda no interior dos edifícios. Contudo, quando a radiação solar induz sobreaquecimento, sobreiluminação ou a utilização excessiva de sistemas de ar condicionado, torna-se indesejável.

De acordo com Littlefair (1999), os ganhos solares de um edifício podem ser reduzidos ou evitados através das seguintes técnicas:

- **Planear o layout e orientação do edifício.** Fachadas principais com orientação a norte e sul; esta medida torna o sombreamento mais fácil e permite uma otimização de ganhos durante a estação de aquecimento. Os espaços do edifício onde o sobreaquecimento é crítico devem ser posicionados segundo o norte.
- **Limitar vãos envidraçados/janelas.** Os ganhos solares são, normalmente, proporcionais à área de vãos envidraçados. Porém, reduzir o rácio vãos envidraçados-envolvente opaca, limita igualmente a iluminação natural e a relação interior-exterior.
- **Sombreamento solar.** O sombreamento solar pode ser composto por elementos internos, externos ou intermédios ao pano de fachada.
- **Inércia térmica.** Uma estrutura pesada, com um período de resposta longo, tende a absorver calor resultando numa temperatura de pico inferior durante os períodos mais quentes do ano. Contudo, é necessário prever alguma ventilação noturna.
- **Boa ventilação.** A ventilação natural ou mecânica está diretamente relacionada com os ganhos solares de um edifício.
- **Reduzir ganhos internos.** Os ganhos internos provenientes de equipamentos ou iluminação podem ser reduzidos através da utilização de equipamentos e dispositivos mais eficientes.

- **Ventilação mecânica.** A última das técnicas é a ventilação mecânica. Quando todos os meios passivos não são suficientes deve recorrer-se a sistemas AVAC de modo a assegurar as condições de conforto internas do edifício.

#### 5.3.2.2. Perdas por Condução

As perdas por condução representam uma parcela significativa no consumo energético dos edifícios e, por esse motivo é imprescindível restringir as perdas por condução, ou seja, pela envolvente do edifício. A condução pode ser definida como um processo de transmissão de calor entre sistemas em contacto ou parte de um mesmo sistema a diferentes temperaturas. O fluxo de calor é sempre na direção da redução da temperatura, de acordo com a segunda lei da termodinâmica.

Nos edifícios a condução é um dos mecanismos de transferência de calor através da envolvente mais importante. A quantidade de calor,  $Q$ , que atravessa uma superfície no intervalo de tempo,  $t$ , através de uma superfície  $A$ , com espessura  $e$  pode ser traduzida de acordo com a seguinte equação:

$$Q = \frac{(T_1 - T_0) \cdot \lambda \cdot A \cdot t}{e} \quad (5.4)$$

onde  $\lambda$  representa a constante de condutibilidade térmica do material, que quantifica a quantidade de calor que atravessa perpendicularmente a superfície por unidade de tempo para um gradiente térmico unitário

Assim, quanto menor a condutibilidade térmica de um material, menor será a quantidade de calor transmitida entre as superfícies e consequentemente serão menor as perdas por condução.

Através da explicação anterior pode concluir-se que quanto melhor isolada estiver a envolvente do edifício, menor as perdas por condução, sendo que se devem privilegiar materiais com condutibilidade térmica baixa. Considera-se pois, esta estratégia como sendo uma das mais adotadas na construção de edifícios em Portugal uma vez que a estação de aquecimento é normalmente mais exigente, sendo que não parece pertinente explorar (uma vez mais) nesta dissertação o tema do isolamento térmico da envolvente por si só.

Amaral (2014) apresentou já um estudo aprofundado do tipo (material) e espessura de isolamento a utilizar nos diferentes elementos constituintes da envolvente – cobertura e fachadas – para as diferentes zonas climáticas onde os edifícios das três insígnias Continente se inserem. Esse estudo revelou que existe, efetivamente, potencial de melhoria no que diz respeito às perdas por condução. Em desenvolvimentos futuros seria interessante comparar as conclusões desse estudo com os resultados obtidos através do método preconizado pela ASHRAE para a escolha da espessura ótima do isolamento térmico e as respetivas poupanças económicas, ou ainda pela simulação dinâmica dos diferentes edifícios.

#### 5.3.2.3. Inércia Térmica

Outra medida que influencia o desempenho térmico dos edifícios é a inércia térmica da sua construção.

A inércia térmica de um edifício, ou a massa superficial útil por metro quadrado de área de pavimento é o fenómeno pelo qual o edifício amortece as ações térmicas exteriores e interiores. Uma vez que as

ações térmicas exteriores variam periodicamente, a inércia térmica é um parâmetro fundamental para assegurar o conforto térmico. Pode ser obtida através da seguinte equação:

$$I_t = \frac{\sum M_{si} \cdot S_i}{A_p} \quad (5.5)$$

onde  $M_{si}$  representa a massa superficial útil do elemento  $i$  ( $kg/m^2$ ),  $S_i$  a área da superfície interior do elemento  $i$  ( $m^2$ ) e  $A_p$  a área útil de pavimento ( $m^2$ )

De acordo com o RCCTE (2006), definem-se três classes de inércia, descritas no Quadro 5.4.

Quadro 5.4 – Classes de inércia térmica de acordo com o RCCTE (2006)

Classe de Inércia	$I_t$ ( $kg/m^2$ )
Fraca	$I_t < 150$
Média	$150 < I_t < 400$
Forte	$I_t > 400$

Assim, um corpo de maior massa ou calor específico acumula ou liberta a mesma quantidade de energia com menor variação de temperatura. Ou seja, quanto maior a inércia térmica mais difícil será aquecer o edifício. Porém, uma vez aquecido, mais difícil será, também, de o arrefecer. O aproveitamento desta característica permite uma absorção da radiação solar durante o período diurno e uma devolução durante o período noturno, diminuindo assim as amplitudes térmicas internas no edifício e uma consequente melhoria do seu desempenho térmico.

A inércia térmica é, pois, uma propriedade com uma utilidade extremamente alargada a diferentes tipos de climas, uma vez que as amplitudes e flutuações térmicas entre os períodos diurnos e noturnos costumam estar presentes em diferentes regiões do planeta.

#### 5.3.2.4. Ventilação Natural

A ventilação natural pode ser definida como o conjunto de processos que promovem, de forma controlada, os fluxos de ar entre o interior e o exterior de um edifício através de aberturas ou orifícios existentes na envolvente. (Silva, F., 2013)

O clima em Portugal apresenta importantes amplitudes térmicas diárias, como se verificou anteriormente da análise climática de três concelhos, principalmente no período de verão. Assim, é possível e desejável implementar a ventilação natural durante períodos nos quais a temperatura exterior é inferior à temperatura interior do edifício, como por exemplo durante a noite ou de manhã para a estação de verão, como uma estratégia eficaz na evacuação dos ganhos solares.

As diferenças de pressão, a direção do vento e a orientação do edifício são os principais parâmetros que influenciam a ventilação e o modo como esta se efetua. Assim, a dependência das condições climáticas

é a maior condicionante desta tecnologia, já que não permite garantir, em permanência, os níveis mínimos de ventilação. Estes podem ser, no entanto, assegurados na maioria dos casos. (Silva, F. 2013)

Os fluxos de ar que promovem a ventilação natural podem ter essencialmente duas origens: térmica, devido à impulsão com origem em diferenças de temperaturas; e eólica, devido à conservação da energia cinética do vento em pressão estática sobre a envolvente do edifício.

De acordo com Silva, F. (2013) os caudais de ventilação podem ser estimados através da aplicação das equações de conservação da massa e conservação da energia entre dois lados de uma abertura recorrendo à seguinte equação:

$$G = AU = A\chi \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p} \quad m^3/s \quad (5.6)$$

onde  $\Delta p$  é a diferença de pressão entre dois lados de uma abertura,

$\chi$  o coeficiente de dissipação de energia,  $A$  a área da abertura e  $\rho$  a densidade do ar

As chaminés solares ou os *windcatchers*, ilustrados respetivamente nas Figura 5.31 a. e b., são dois tipos de sistema que permitem a integração da ventilação natural no projeto de um edifício.

Os *windcatchers* (Figura 5.31), desenvolvidos há milhares de anos pelos povos do médio oriente segundo uma arquitetura vernacular, começam a ser integrados em projetos europeus de grandes empresas retalhistas, como por exemplo nas *carbon-zero stores* da Tesco (Figura 5.32), tal como foi descrito no terceiro capítulo de *benchmarking* desta dissertação.



Figura 5.31 – a. Chaminé solar (adaptado de Silva, F. 2013); b. *Windcatchers* na zona residencial mais antiga do Dubai, em Al Bastakiya



Figura 5.32 – a. Sistema de ventilação natural moderno; b. Loja do grupo Tesco onde foram implementados sistemas de ventilação natural modernos como em a.

O funcionamento destes sistemas baseia-se nos efeitos da direção do vento e, também, das diferenças de temperatura entre o exterior e o interior do edifício, tal como foi dito. Esses efeitos são maximizados no dimensionamento dos *windcatchers* através de diversas configurações para as aberturas do sistema.

A Figura 5.33 ilustra esquematicamente o funcionamento de um *windcatcher* devido às diferenças de temperatura entre o exterior e o interior de um edifício durante o período diurno e noturno.

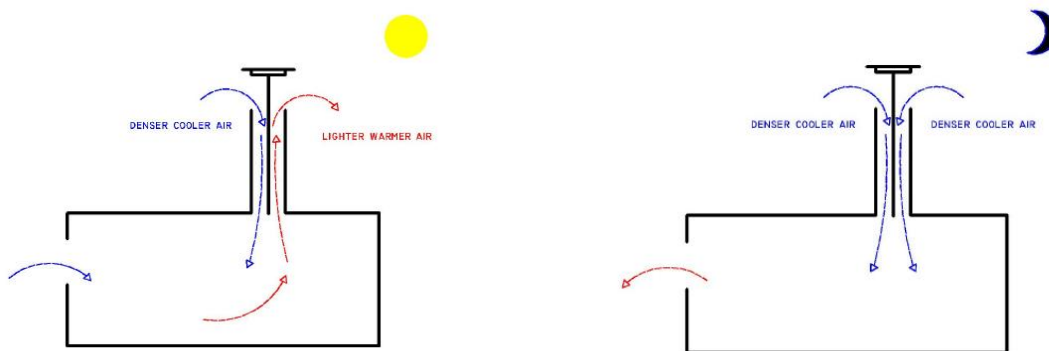


Figura 5.33 – Representação esquemática do funcionamento de um *windcatcher* durante o período diurno e noturno (adaptado de Khatami, 2009)

Os sistemas modernos de ventilação natural podem ser complementados com ventoinhas ou sistemas hidráulicos de modo a aumentar a sua eficiência. Essa depende, além dos fatores climáticos, da orientação, dimensão (planta e perfil) e configuração (material, etc.) do sistema utilizado.

Este tipo de sistema demonstra, uma vez mais, o caminho evolutivo na concepção de sistemas de edifícios: soluções tradicionais outrora utilizadas com base numa arquitetura vernacular e empírica, apresentam-se hoje como soluções inovadoras na concepção de edifícios de elevado desempenho energético com custos de exploração baixos.

Um sistema altamente inovador, que combina as características dos tradicionais *windcatchers* e algumas vantagens da ventilação mecânica, é a solução ilustrada na Figura 5.34, desenvolvido pela Breathing Buildings.

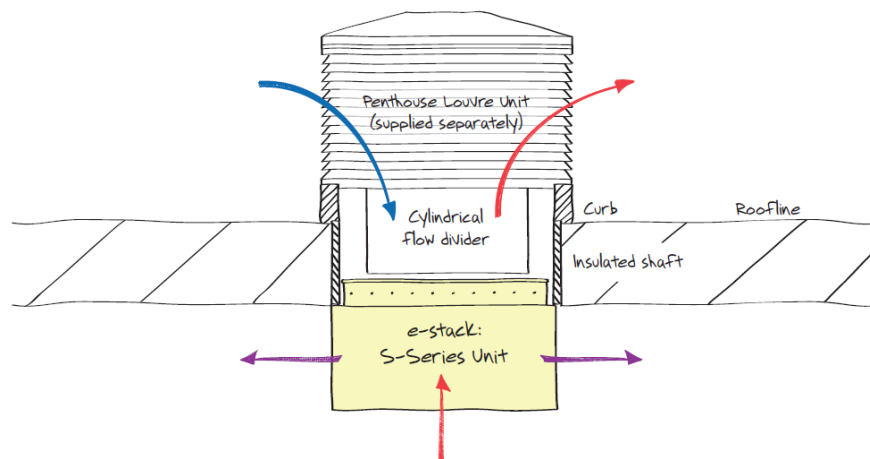


Figura 5.34 – Sistema de ventilação e-stack desenvolvido pela Breathing Buildings (adaptado de [www.breathingbuildings.com](http://www.breathingbuildings.com))

Esta solução foi pela primeira vez adotada no setor do retalho pelo grupo retalhista britânico ASDA em 2010, num dos seus supermercados com uma área total de 3400 m<sup>2</sup> em Langley Mill, Nottingham.

Normalmente os sistemas de ventilação natural deixam de ser sistemas efetivos quando a temperatura do ar exterior atinge valores inferiores aos 16°C. Porém, segundo o projeto da Breathing Buildings (2009), o sistema *e-stack* permite um funcionamento contínuo, mesmo com temperaturas exteriores abaixo dos 10°C.

Uma vez que os supermercados são edifícios que estão continuamente operacionais, os sistemas de ventilação utilizados têm de ser eficientes e assegurar um nível de funcionamento contínuo. Por essa razão os sistemas de ventilação natural continuam a ser excluídos por parte de diversos grupos do setor. Contudo, a procura por soluções com baixos custos de exploração tem vindo a ser uma prioridade, sendo que os sistemas atuais de ventilação natural apresentam benefícios energéticos significativos quando comparados com as soluções de ventilação mecânica tradicionalmente utilizadas.



### 5.3.3. ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS: PORTO, ÉVORA E FARO

Seguidamente apresenta-se sucintamente o tipo de estratégia bioclimática que deve ser considerado e passível de ser implementado nos edifícios *stand-alone* Continente localizados nos três concelhos e estudo.

#### 5.3.3.1. Porto

O diagrama psicrométrico representado na Figura 5.35 permite relacionar a nuvem de pontos com a zona de conforto. Como foi dito anteriormente, a maior densidade de pontos é aquela que melhor traduz o clima da região, uma vez que a probabilidade de ocorrência de determinadas características climáticas é superior. Pelo diagrama é possível concluir que a maior concentração de pontos se situa à esquerda da zona de conforto ou seja, na zona *H* da carta de Givoni. Assim, a estação de inverno é mais exigente que a estação de verão, devendo ser implementadas estratégias de aquecimento de modo a propiciar um aumento dos ganhos solares, como a introdução de vãos envidraçados em fachadas corretamente orientadas ou sombreadas.

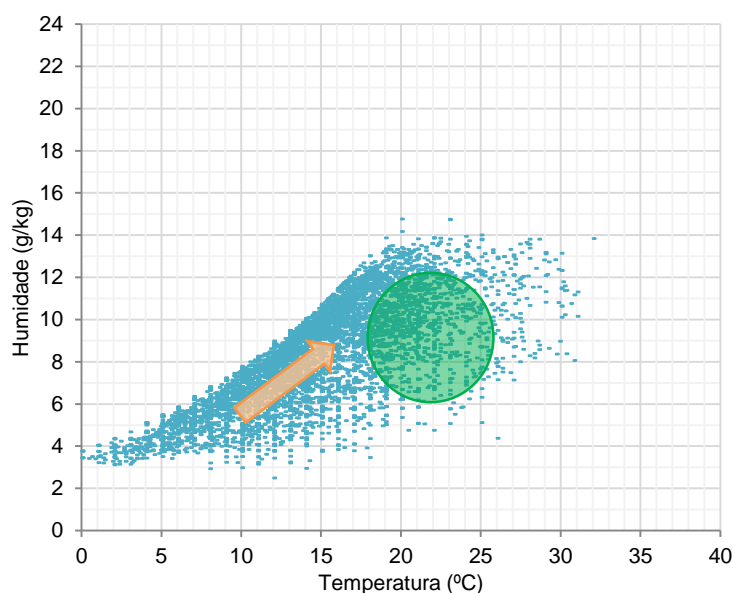


Figura 5.35 – Diagrama psicrométrico do concelho do Porto: zona de conforto

Os meses de verão na região do Porto não apresentam grande severidade. De facto, o diagrama psicrométrico evidencia isso mesmo, com apenas algumas ocorrências em zonas cujas estratégias bioclimáticas de estação de arrefecimento devem ser consideradas. Algumas medidas apresentadas anteriormente, como os ganhos/perdas por condução ou o dimensionamento de sistemas construtivos com inércia forte, permitem um bom desempenho durante as duas estações. A estratégia de maior relevância para esta estação – sombreamento dos vãos envidraçados – resulta daquela indicada para a estação de inverno, de modo a restringir os ganhos solares. O sombreamento do edifício depende da orientação escolhida aquando da implementação do edifício e da existência de elementos no local que propiciam, indiretamente, sombreamento nos edifícios.



### 5.3.3.2. Évora

O diagrama psicrométrico da região de Évora representado na Figura 5.36 evidencia, à semelhança do que acontece no concelho do Porto, uma concentração densa de pontos à esquerda da zona de conforto, localizada na zona *H* da carta de Givoni.

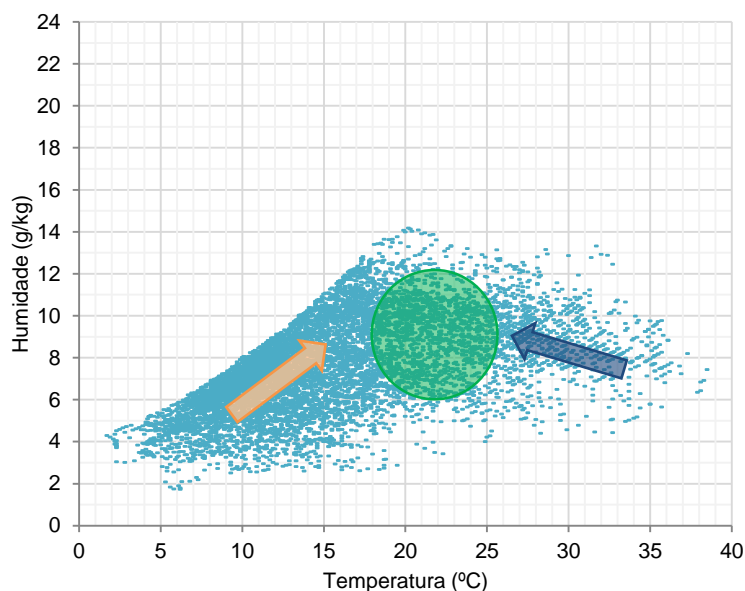


Figura 5.36 – Diagrama psicrométrico do concelho de Évora: zona de conforto

Porém, apresenta ainda uma dispersão representativa de pontos à direita da zona de conforto. Esta zona, denominada pelas letras *M* e *EC* na carta bioclimática de Givoni, diz respeito, respetivamente, a climas com elevadas amplitudes térmicas e zonas desérticas ou muito secas. Como provado anteriormente, a zona de Évora apresenta alguma frequência de ocorrência de fatores climáticos que lhe conferem essas classificações.

Assim, apesar do conjunto de estratégias e medidas passivas a implementar durante a estação de aquecimento serem semelhantes àquelas para a região do Porto, i.e. propiciar ganhos solares, existem outras estratégias que devem ser consideradas para a estação de arrefecimento. Essas estratégias devem ser tais que os ganhos solares do edifício sejam mínimos durante a estação de verão; sombreamento sazonal através da utilização de árvores de folha caduca ou coordenação entre a orientação do edifício e a disposição dos elementos de sombreamento, podem revelar-se estratégias simples e eficazes.

### 5.3.3.3. Faro

O diagrama psicrométrico de Faro (Figura 5.37) apresenta, tal como os dois concelhos anteriores, uma zona bastante densa à esquerda da zona de conforto – zona *H*. Porém, a estação de arrefecimento é ligeiramente mais exigente que o inverno, apresentando inúmeras ocorrências de um conjunto de fatores climáticos na zona do diagrama correspondente a um clima tropical ou equatorial. Essa zona, representada pela letra *V* na carta de Givoni, pressupõe a implementação de algumas medidas estratégicas durante a estação de verão como a ventilação natural.

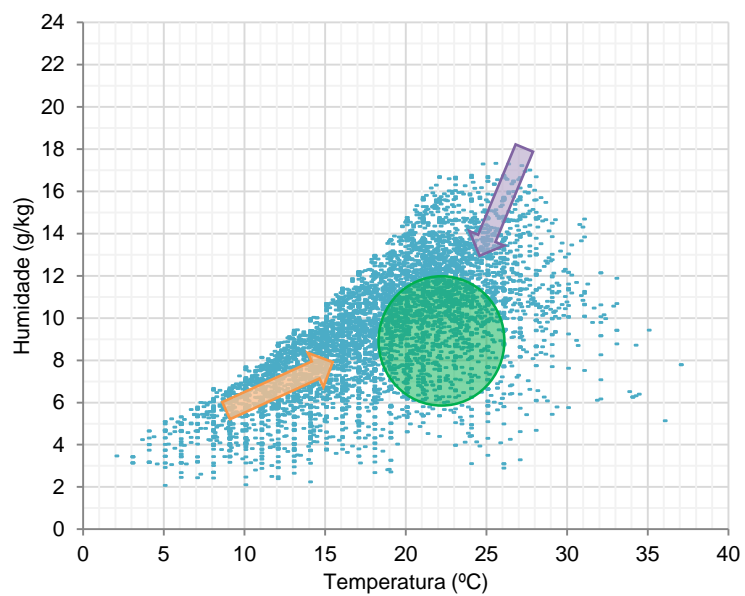


Figura 5.37 – Diagrama psicrométrico do concelho de Faro: zona de conforto

## 6

## MODELAÇÃO, SIMULAÇÃO E OTIMIZAÇÃO

## 6.1. MODELAÇÃO

De modo a avaliar as necessidades energéticas do edifício-tipo *stand-alone* Continente Modelo recorreu-se a um programa dinâmico de simulação energética denominado por EnergyPlus. Este tipo de computação, uma vez que considera um vasto conjunto de parâmetros (e.g. perdas lineares, percurso solar, equipamentos, entre outros), permite uma avaliação do comportamento térmico do edifício mais rigorosa do que aquela obtida através de computações manuais de acordo com o preconizado no RCCTE.

A metodologia utilizada de forma a obter as necessidades energéticas ilustra-se esquematicamente na Figura 6.1.

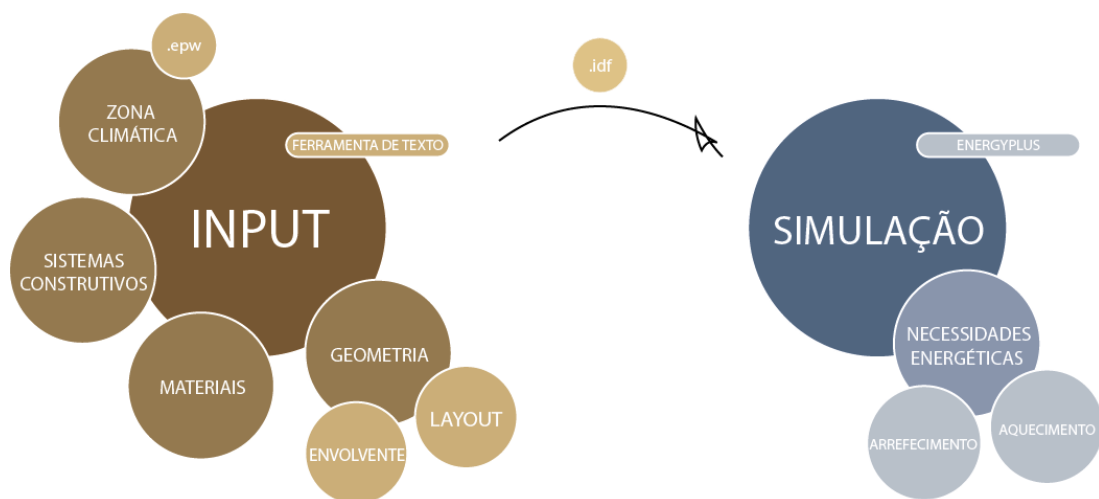


Figura 6.1 – Metodologia para a obtenção das necessidades energéticas

O software de simulação requer um conjunto de dados (e.g. zona climática, geometria, materiais, sistemas construtivos) que caracterizam o edifício em estudo e que se definem através de um ficheiro *input* com extensão *.idf*. O ficheiro *.idf* pode ser construído com auxílio de alguns softwares que permitem a introdução automática de dados e editado com recurso a uma ferramenta de texto (e.g. *notepad*). Este ficheiro contém todas as informações necessárias para a simulação energética.

### 6.1.1. ZONA CLIMÁTICA

A caracterização das zonas climáticas (Porto, Évora e Faro) baseou-se, como descrito anteriormente no capítulo cinco desta dissertação, nos ficheiros de dados com extensão *.epw* fornecidos gratuitamente pelo IWECE.

Todos os fatores climáticos analisados anteriormente (temperatura do ar exterior, humidade, radiação solar, vento) traduzem-se no ficheiro *input (.idf)* através de diversos parâmetros, como a temperatura exterior de projeto ou a direção preferencial do vento, tal como se apresenta simplificada no seguinte Quadro 6.1.

Quadro 6.1 – Exemplo de input (*.idf*) de dados climáticos

```
SizingPeriod:DesignDay,
PORTO Ann Clg .4% Condns DB=>MWB,      !- Name
8,                                     !- Month
21,                                    !- Day of Month
SummerDesignDay,                      !- Day Type
30.3,                                 !- Maximum Dry-Bulb Temperature {C}
9,                                    !- Daily Dry-Bulb Temperature Range {deltaC}
Wetbulb,                              !- Humidity Condition Type
19.3,                                 !- Wetbulb or DewPoint at Maximum Dry-Bulb {C}
100451,                               !- Barometric Pressure {Pa}
3.8,                                  !- Wind Speed {m/s}
320,                                  !- Wind Direction {deg}
```

### 6.1.2. GEOMETRIA

A geometria do edifício-tipo, i.e. dimensões em planta (Figura 6.2b.) e alçado (ver Figura 6.3 e Figura 6.5), baseia-se num conjunto de projetos analisados e representa os valores usualmente adotados na conceção dos projetos Continente Modelo em *stand-alone*. De forma a facilitar a introdução da geometria no ficheiro de dados de *input* para a simulação energética recorreu-se a um software auxiliar, o OpenStudio, que permite a introdução das coordenadas que definem a geometria do edifício no ficheiro *.idf* de modo automático.

#### 6.1.2.1. Layout

O *layout* considerado ao longo do estudo, ilustrado na Figura 6.2, é constituído por quatro zonas:

- i) **Entrada**, materializada através de uma *caixa* em vidro, que favorece o desempenho térmico através da diminuição de fluxos térmicos e de ventilação entre o exterior e o interior, com 60 m<sup>2</sup> de área em planta;
- ii) **Lojas** de outras insígnias localizadas geralmente junto da fachada principal. As lojas não apresentam um padrão de dimensões nos diferentes projetos, contudo a sua disposição é aproximadamente a que se apresenta na Figura 6.2. A área em planta de lojas de outras insígnias é cerca de 25% da área de vendas;
- iii) **Retaguarda**, composta por todas as zonas técnicas e armazéns necessários à função de supermercado, cuja área em planta representa valores superiores a 30% da área total do edifício;

- iv) **Área de Vendas**, delimitada por parte das duas fachadas laterais do edifício e pelas restantes zonas que constituem o *layout*; Ao longo do presente trabalho considera-se uma área em planta igual a 2200 m<sup>2</sup>.

A definição das diferentes subzonas que compõem a retaguarda não é considerada para efeitos do presente estudo uma vez que a sua modelação acrescentaria alguma especificidade a qual não se justifica. Procura-se, aqui, avaliar a influência de medidas passivas nos gastos energéticos da área de vendas da insígnia Continente Modelo juntamente com outras insígnias de lojas cuja DCL é responsável (Well's ou Bom Bocado) quando tudo o resto se mantém constante.

A galeria exterior de acesso ao edifício (pórtico) não é representada na Figura 6.2 uma vez que se considerou como um elemento global de sombreamento (e não uma zona) a ser definida, seguidamente, como envolvente do edifício.

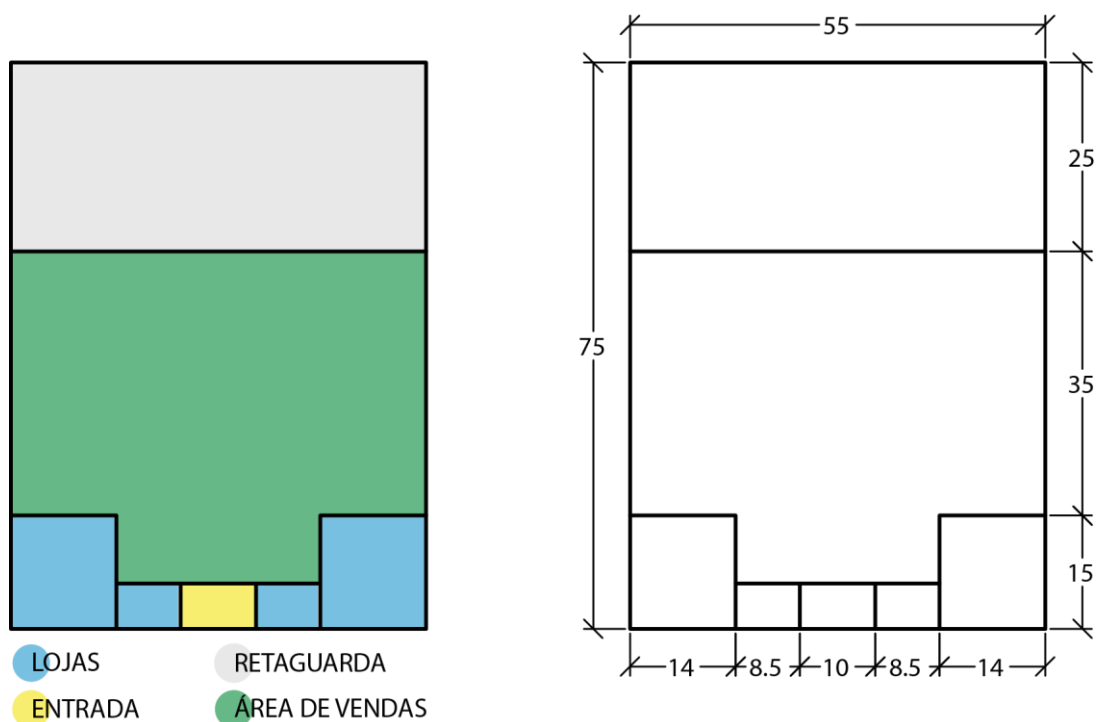


Figura 6.2 – a. Organização *layout*-tipo; b. Dimensões em planta do *layout*-tipo

### 6.1.2.2. Envolvente

A envolvente do edifício é composta por quatro fachadas: uma principal e três laterais. A fachada principal, na qual se situa a zona de entrada, é a única que apresenta vãos envidraçados na sua constituição. As restantes consideram-se totalmente opacas.

A Figura 6.3a. representa simplificada a fachada principal com e sem o pórtico metálico. Numa fase inicial considerou-se a presença de envidraçados na entrada (10 metros) e parcialmente (4 metros) junto desta, na entrada ou montra de outras insígnias.

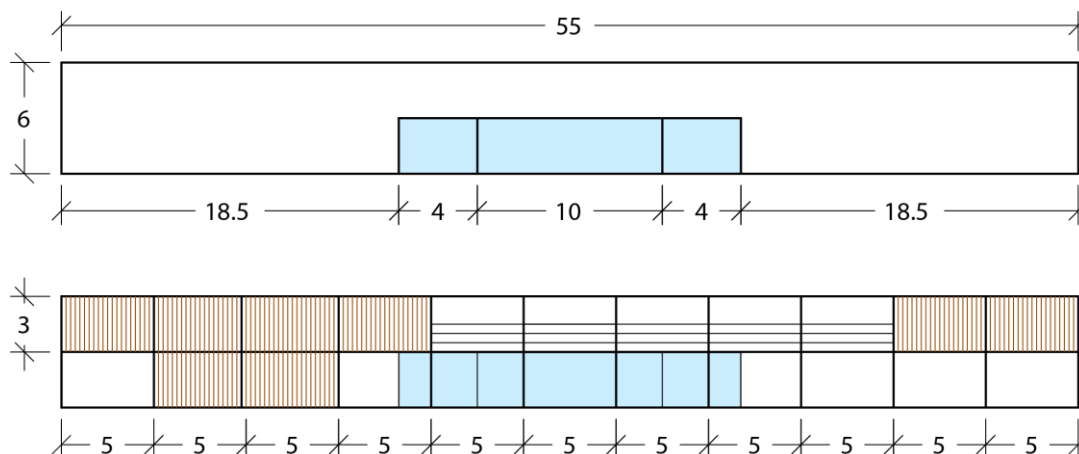


Figura 6.3 – a. Dimensões alçado fachada principal sem elementos de sombreamento; b. Dimensões alçado fachada principal com galeria em pórtico

A galeria exterior de acesso (pórtico) é uma estrutura anexa ao corpo do edifício principal que assinala a sua identidade e confere sombreamento à fachada principal. O pórtico é constituído essencialmente por dois tipos de elementos de sombreamento: tiras metálicas verticais de secção retangular (50x80 milímetros) lacadas a castanho com espaçamento entre faces de 5 ou 15 milímetros e barras horizontais tipo *brise-soleil* de secção aproximadamente retangular (20x150 milímetros) com espaçamento de 20 centímetros entre si. A Figura 6.4 ilustra um modelo realizado pela equipa de Arquitetura no estudo destes elementos (e.g. geometria, disposição, cor).



Figura 6.4 – Modelo 3D para estudo da fachada principal

As restantes fachadas não apresentam qualquer elemento com especial interesse para a modelação e simulação do edifício. Por simplificação não se consideram saídas de emergência (portas metálicas)

existentes nas laterais o edifício ou qualquer outro elemento específico existente nas fachadas secundárias do edifício (ver Figura 6.5).

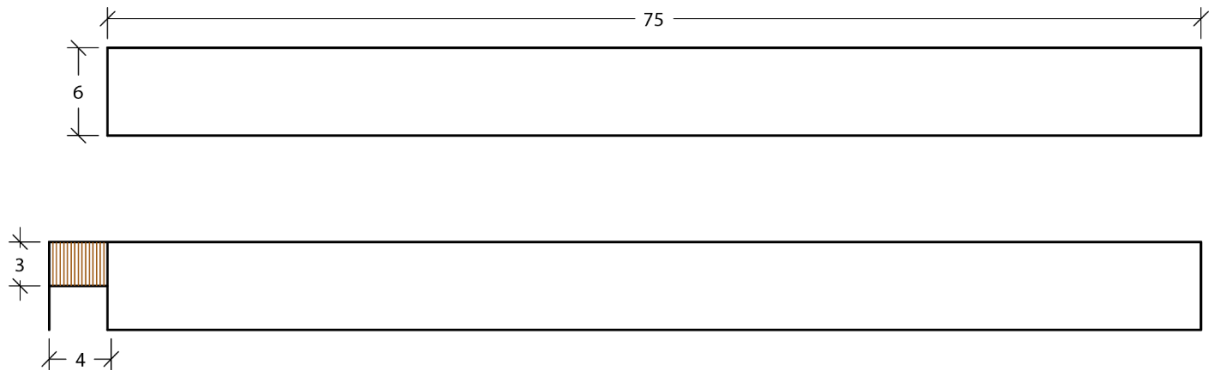


Figura 6.5 – Vista em alçado das fachadas laterais (com e sem pórtico)

Após a introdução do modelo ilustrado na Figura 6.6 obtiveram-se as coordenadas dos pontos que definem a geometria do edifício assim como todas as superfícies definidas automaticamente como sendo de um dos três tipos: parede (Wall), cobertura (Roof) e pavimento (Floor). Cada uma das superfícies é numerada de modo a ser facilmente identificada no ficheiro de texto.

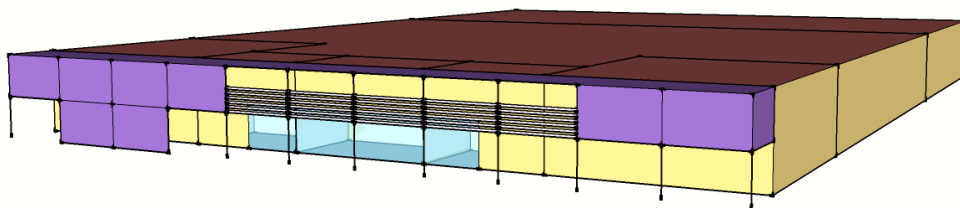


Figura 6.6 – Modelo 3D para simulação energética (Sketchup/OpenStudio)

O Quadro 6.2 mostra, a título de exemplo, os dados introduzidos de modo automático pelo software OpenStudio no documento de texto *.idf* de uma das superfícies do modelo. Note-se que estes dados podem ser adicionados ou alterados manualmente no documento de texto, facilitando a edição do ficheiro.

Quadro 6.2 – Exemplo de input (*.idf*) da geometria do edifício-tipo

BuildingSurface:Detailed,	
Surface 15,	!- Name
Wall,	!- Surface Type
Exterior Wall A,	!- Construction Name
Thermal Zone 1,	!- Zone Name
Outdoors,	!- Outside Boundary Condition
SunExposed,	!- Sun Exposure
WindExposed,	!- Wind Exposure
22.5, 0, 6,	!- X,Y,Z Vertex 1 {m}
22.5, 0, 0,	!- X,Y,Z Vertex 2 {m}
32.5, 0, 0,	!- X,Y,Z Vertex 3 {m}
32.5, 0, 6;	!- X,Y,Z Vertex 4 {m}

### 6.1.3. Materiais e Sistemas Construtivos

Os materiais relacionam-se diretamente com o tipo de sistema construtivo. Definiram-se diferentes materiais para cinco sistemas construtivos: cobertura, pavimento, paredes interiores e exteriores, envidraçados.

No Quadro 6.3 descrevem-se os materiais constituintes de cada sistema construtivo juntamente com o coeficiente de transmissão térmica do sistema global.

Quadro 6.3 – Descrição dos sistemas construtivos constituintes do edifício-tipo

SISTEMA CONSTRUTIVO		DESCRIÇÃO	U (W/m <sup>2</sup> .°C)
COBERTURA	DECK METÁLICO	Chapa metálica (0.75 mm)	0.49
		Isolamento térmico lã mineral (8 cm)	
		Chapa metálica lisa (0.75 mm)	
PAVIMENTO	TÉRREO	Camada de forma (10 cm)	1.60
		Laje de betão (15 cm)	
		Camada de regularização (10 cm)	
		Cerâmico (1 cm)	
PAREDES EXTERIORES <sup>21</sup>	A ETICS	Reboco armado (1.5 cm)	0.50
		Isolamento térmico XPS (4 cm)	
		Bloco de betão furado (20 cm)	
	B CHAPA METÁLICA	Chapa metálica ondulada (0.75 mm)	0.56
		Isolamento térmico lã mineral (6 cm)	
		Caixa-de-ar (9 cm)	
PAREDES INTERIORES	SIMPLES	Chapa interior lisa (0.75 mm)	2.00
		Revestimento reboco (1.5 cm)	
		Bloco de betão furado (11 cm)	
ENVIDRAÇADOS	DUPLO	Revestimento reboco (1.5 cm)	2.72
		Vidro incolor (3 mm)	
		Caixa-de-ar (13 mm)	
		Vidro incolor (3 mm)	

<sup>21</sup> Definiram-se dois tipos de parede exterior, A e B, que representam, respetivamente, a fachada principal e as fachadas secundárias do edifício-tipo *stand-alone*.



Os valores dos coeficientes de transmissão térmica baseiam-se num estudo realizado por Amaral (2014) acerca das perdas térmicas pela envolvente opaca dos edifícios Continente e, quando não especificados nesse estudo, em Santos (2006).

O Quadro 6.4 e o Quadro 6.5 exemplificam, respetivamente, os dados correspondentes à definição de um material (Material) e de um sistema construtivo (Construction) escritos no ficheiro *input (.idf)*. Todos os materiais e sistemas descritos no anterior Quadro 6.3 foram introduzidos manualmente à semelhança dos exemplos apresentados.

Quadro 6.4 – Exemplo de input (.idf) da definição de um material de construção

```
Material,
  ISOLAMENTO XPS 4,           !- Name
  MediumRough,               !- Roughness
  0.04,                      !- Thickness {m}
  0.037,                     !- Conductivity {W/m-K}
  30,                        !- Density {kg/m3}
  1500,                      !- Specific Heat {J/kg-K}
  0.9,                       !- Thermal Absorptance
  0.7,                       !- Solar Absorptance
  0.7;                       !- Visible Absorptance
```

As propriedades dos materiais podem ser consultadas em documentos técnicos, como por exemplo o ITE 50 (Santos, C. et al, 2006).

Quadro 6.5 – Exemplo de input (.idf) da definição de um sistema construtivo

```
Construction,
  000 Exterior Wall A,       !- Name
  000 REBOCO 1.5,           !- Layer 1
  000 ISOLAMENTO XPS 4,     !- Layer 2
  000 BLOCO CIMENTO 11;     !- Layer 3
```

Após a definição de todos os sistemas construtivos basta associar a cada superfície (Surface) o sistema correspondente, através do campo (!- Name).

#### 6.1.4. Equipamentos

Os equipamentos existentes na área de vendas (iluminação, frio, outros) não foram considerados na modelação do edifício. De facto, é possível definir cada um destes elementos individualmente, contudo a sua correta modelação exige um estudo muito mais aprofundado do que aquele que foi possível desenvolver ao longo desta dissertação. Por esse motivo não são considerados os ganhos térmicos provenientes da iluminação (ou de outros equipamentos como fornos) nem a diminuição de temperatura causada pela presença de inúmeros equipamentos de frio.

Note-se que também não se consideraram ganhos térmicos causados pela presença de pessoas ou atividades.

Os equipamentos AVAC foram modelados considerando um cenário de funcionamento ideal. A própria ferramenta de simulação permite definir automaticamente cargas térmicas ideais, através da opção `ZoneHVAC:IdealLoadsAirSystem`. Esta opção é a mais conveniente quando se pretende estudar o

desempenho térmico de um edifício sem modelar exaustivamente os sistemas AVAC. É, também, a opção indicada pela literatura e outras fontes de informação (como fóruns de discussão online), quando o objeto de estudo se relaciona diretamente com os sistemas construtivos, como por exemplo a espessura do isolamento ou as dimensões dos vãos envidraçados, uma vez que o objetivo final é compreender a influência de tais parâmetros nas necessidades energéticas.

Uma vez que esta opção pressupõe um funcionamento dos sistemas AVAC ideal, i.e, com uma eficiência de 100%, é necessário converter as necessidades energéticas obtidas de acordo com um rendimento realista destes sistemas. Assim, as necessidades energéticas totais do edifício podem ser obtidas através da seguinte equação:

$$E_{tot} = \frac{Q_{heat}}{\eta_{heat}} + \frac{Q_{cool}}{\eta_{cool}} \quad (6.1)$$

onde  $Q_{heat}$  e  $Q_{cool}$  representam respetivamente as necessidades de aquecimento e arrefecimentos

e  $\eta_{heat}$  e  $\eta_{cool}$  os correspondentes rendimentos dos sistemas mecânicos

De modo a obter os consumos reais primários (a partir da fonte de produção) a equação (6.1) deve apresentar ainda fatores de conversão de energia útil para energia primária. Ou seja, de acordo com o RCCTE (2006), o cálculo das necessidades energéticas totais deve realizar-se recorrendo à seguinte equação:

$$N_{tc} = 0.1 \cdot \frac{N_{ic}}{\eta_i} \cdot F_{pui} + 0.1 \cdot \frac{N_{vc}}{\eta_v} \cdot F_{puv} + N_{ac} \cdot F_{pua} \quad (6.2)$$

onde  $N_{ic}$ ,  $N_{vc}$  e  $N_{ac}$  representam respetivamente as necessidades de aquecimento, arrefecimento e produção de águas

quentes sanitárias em energia útil,  $\eta_i$  e  $\eta_v$  as eficiências nominais dos equipamentos de aquecimento e arrefecimento

e  $F_{pui}$ ,  $F_{puv}$  e  $F_{pua}$  os fatores de conversão de energia útil para energia primária das diferentes necessidades

Porém, o presente estudo pretende avaliar diferentes medidas passivas em diferentes regiões do território nacional e de que modo a sua implementação influencia os consumos energéticos com vista a uma redução de custos em fase de exploração. Por esse motivo assumem-se algumas simplificações, como por exemplo a exclusão do cálculo das necessidades energéticas com águas quentes sanitárias do cálculo.

Assim, para o cálculo das necessidades energéticas totais fictícias do edifício-tipo (uma vez que existem muitas outras fontes de consumo energético nestes edifícios) utiliza-se simplificadaamente a seguinte equação:

$$E_{tot,f} = \frac{Q_{heat}}{\eta_{heat}} + \frac{Q_{cool}}{\eta_{cool}} \quad (6.3)$$

com  $\eta_{heat}$  e  $\eta_{cool}$  iguais a 0.44 e 0.77 respetivamente

A conversão para energia primária assim como o rendimento dos equipamentos incluem-se nos fatores apresentados em (6.3). Esse fatores são usualmente indicados em literatura<sup>22</sup> relacionada com

<sup>22</sup> Ver, por exemplo, Wetter, M. (2000)

simulações energéticas com recurso aos mesmos *softwares* utilizados ao longo deste trabalho, uma vez que consideram as unidades da energia (Joules) dos ficheiros *output*.

## 6.2. SIMULAÇÃO

Após a modelação de todos os parâmetros que definem o edifício-tipo procedeu-se à simulação energética do edifício.

No

Quadro 6.6 apresentam-se alguns pressupostos assumidos na simulação do edifício-tipo. Esses pressupostos, assim como toda a simulação, baseiam-se no manual do *software* disponível online<sup>23</sup> denominado por *The Encyclopedic Reference to EnergyPlus Input and Output 2014*, onde todas as funcionalidades são extensamente analisadas e descritas.

Quadro 6.6 – Pressupostos para a simulação energética do edifício-tipo

Simulation Control	É possível escolher diferentes períodos de simulação. Optou-se pelo período definido automaticamente pelo ficheiro de dados climáticos (.epw), que pressupõe uma simulação anual.
North Axis	A orientação, definida pelo ângulo formado entre o edifício e o norte geográfico, corresponde a um valor observado nalguns projetos em <i>stand-alone</i> . Opta-se por utilizar numa fase inicial 0°, ou seja, a fachada principal direccionada segundo o norte.
Schedule	O horário de funcionamento do edifício foi definido automaticamente para um edifício do tipo escritório. Sendo o horário de funcionamento das 09:00 às 20:00.
Users	Não se definiu qualquer número de pessoas no edifício uma vez que também não foram considerados os ganhos térmicos provenientes da atividade dessas.

<sup>23</sup> <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/pdfs/inputoutputreference.pdf>

### 6.2.1. NECESSIDADES ENERGÉTICAS

As necessidades energéticas anuais de aquecimento e de arrefecimento por concelho, obtidas após a simulação do edifício-tipo, apresentam-se na Figura 6.7. As necessidades evidenciadas nessa figura representam somente a energia útil, sem contemplar qualquer fator de conversão ou rendimento.

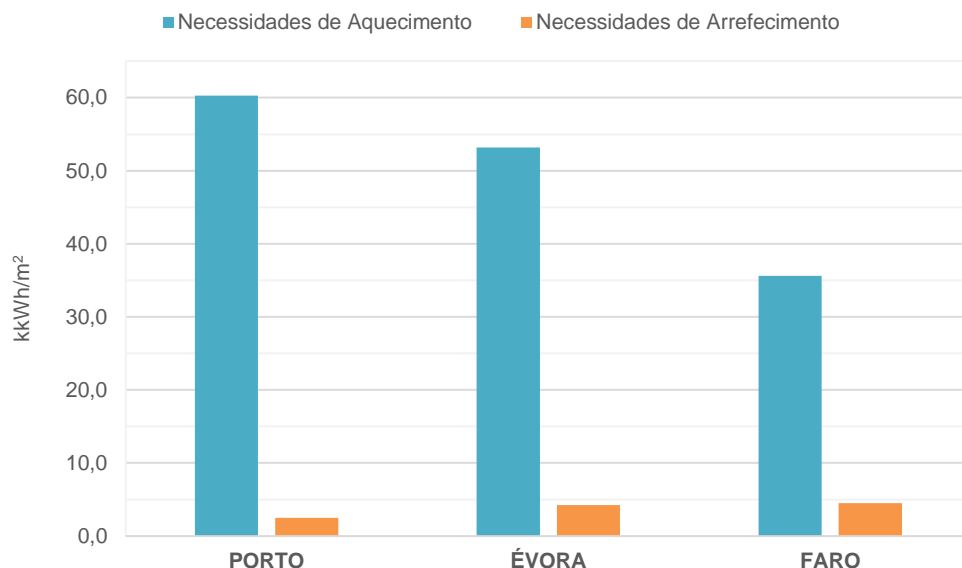


Figura 6.7 – Resultados da simulação energética: necessidades de aquecimento e arrefecimento por concelho

A energia total pode ser obtida através da equação (6.3) para cada um dos concelhos. Os resultados apresentam-se no Quadro 6.7.

Quadro 6.7 – Resultados da simulação energética: necessidades de aquecimento, arrefecimento e energia total por concelho

	Aquecimento (kWh/m²)	Arrefecimento (kWh/m²)	Total (kWh/m²)
<b>PORTO</b>	60.27	2.48	140.20
<b>ÉVORA</b>	53.18	4.23	126.36
<b>FARO</b>	35.59	4.59	86.85

O custo anual em energia consumida por (apenas) um edifício-tipo *stand-alone* da insígnia Continente Modelo pode ser estimado através da equação:

$$C = E_{tot,f} \cdot e \quad (6.4)$$

onde  $E_{tot,f}$  representa a energia total consumida anualmente em kWh/m² e  $e$  o preço da energia elétrica

Uma vez que se desconhece o preço contratualizado entre a Sonae e o seu fornecedor de energia, considerou-se o tarifário simples da EDP Comercial para Negócios (ERSE, 2015) com uma potência contratada inferior a 41.4 kVA. O valor do preço da energia elétrica,  $e$ , é então de 0.1570 €/kWh.

Assim, o custo anual em energia elétrica com necessidades de aquecimento e arrefecimento, em €/m<sup>2</sup>, estimado por edifício localizado em diferentes concelhos apresenta-se no Quadro 6.8.

Quadro 6.8 – Estimativa do custo total fictício anual por concelho

	Energia Total Consumida (kWh/m <sup>2</sup> )	Custo Energético Anual (€/m <sup>2</sup> )
<b>PORTO</b>	140.20	22.01
<b>ÉVORA</b>	126.36	19.84
<b>FARO</b>	86.85	13.63

Os valores apresentados anteriormente podem parecer reduzidos quando observados individualmente. Contudo, quando analisados de acordo com o presente estudo, para uma área de vendas comum da insígnia, com 2200 m<sup>2</sup>, os custos assumem alguma relevância, apresentando valores anuais superiores a 30 mil euros por loja. Tendo em conta o *parque* de lojas Continente Modelo que o grupo opera (aproximadamente 130 lojas apenas desta insígnia), este valor pode ultrapassar facilmente os 4 milhões de euros anuais, apenas com custos em energia elétrica para aquecimento e arrefecimento do edifício.

#### 6.2.1.1. Conclusões

Os consumos energéticos variam de acordo com a localização do edifício-tipo no território nacional.

O concelho do Porto é o mais exigente dos três analisados durante a estação de inverno, apresentando valores para as necessidades de aquecimento superiores a 60 kWh/m<sup>2</sup> anuais. As necessidades de arrefecimento, durante a estação de verão, não apresentam grandes exigências para a configuração atual do edifício-tipo. Tal, tinha sido concluído anteriormente através da análise do diagrama psicrométrico da região, com uma densidade de pontos notoriamente à esquerda da zona de conforto térmico.

Évora apresenta, à semelhança do que acontece no conselho do Porto, uma estação de aquecimento exigente, com necessidades superiores a 50 kWh/m<sup>2</sup>. Este é dos três o concelho que apresenta maiores necessidades de arrefecimento, facto, comprovado pela ocorrência de alguns pontos (conjunto de fatores climáticos) na zona à direita da área de conforto térmico delimitada no diagrama psicrométrico.

O último concelho, Faro, é o menos exigente dos três no que respeita a necessidades energéticas durante a estação de aquecimento. Ainda assim, apresenta alguma expressividade de pontos (e valores energéticos) durante essa estação, com consumos anuais estimados em 35 kWh/m<sup>2</sup>. A estação de verão é aparentemente semelhante à região de Évora, com necessidades energéticas de arrefecimento de aproximadamente 5 kWh/m<sup>2</sup>. O diagrama psicrométrico apresenta, contudo, uma dispersão de pontos na zona superior, bastante diferente daquele apresentado para o concelho de Évora.

### 6.3. OTIMIZAÇÃO

Como se conclui da análise dos resultados da simulação energética, para qualquer um dos concelhos, deve privilegiar-se a diminuição dos consumos durante a estação de aquecimento. Para tal é necessário aumentar os ganhos solares do edifício-tipo sem que sejam comprometidas as necessidades de arrefecimento.

De modo a propiciar os ganhos solares existem diferentes medidas passivas que podem ser implementadas como, por exemplo, alterar a orientação do edifício, aumentar a dimensão dos vãos envidraçados ou alterar a geometria dos elementos de sombreamento; do mesmo modo existem medidas que propiciam o arrefecimento do edifício como, por exemplo, a ventilação natural. Geralmente, os projetistas ou arquitetos que recorrem a simulações energéticas alteram o valor destes parâmetros iniciais por outros, procurando atingir iterativamente os objetivos pretendidos. Contudo, este processo é bastante dispendioso e os resultados obtidos raramente se aproximam de valores otimizados.

Assim, recorreu-se ao programa GenOpt, *Generic Optimization Program*, com o objetivo de minimizar os consumos energéticos totais através da otimização de alguns parâmetros passivos que influenciam o desempenho do edifício-tipo.

#### 6.3.1. PARÂMETROS ESTUDADOS

Os parâmetros ou variáveis estudadas ao longo deste estudo visam a diminuição dos consumos energéticos do edifício-tipo *stand-alone* Continente Modelo. A escolha dos parâmetros procurou ir de encontro ao raio de atividade da equipa de Arquitetura e Design da DCL sem que, contudo, os custos de investimento inicial após a alteração de tais parâmetros representasse aumentos significativos.

Assim, com base em dois pressupostos atuais, sustentabilidade e redução de custos, associados cada vez mais à inovação no projeto de edifícios de acordo com uma arquitetura bioclimática, definiram-se quatro variáveis passíveis de serem alteradas pela equipa e que se traduzam em ganhos económicos para o grupo.

##### 6.3.1.1. Orientação do Edifício

A orientação do edifício, ou azimute, é o ângulo definido entre o edifício (considere-se a face da fachada principal neste estudo) e o norte geográfico.

Os ganhos solares de um edifício dependem da sua orientação e estão condicionados consoante a sua função. No caso dos edifícios Continente Modelo, a orientação do edifício nem sempre (ou raramente) é da responsabilidade da equipa, uma vez que essa depende de um conjunto de fatores exteriores ao grupo, como por exemplo a integração e o licenciamento urbano ou os acessos existentes. Contudo, o edifício-tipo Continente Modelo pode ser considerado enquanto infraestrutura de potenciação de uma determinada zona, tal como tem vindo a ser em diversas zonas remotas do território português. Nesse caso o projeto não apresenta as mesmas dificuldades de integração ou licenciamento, devido à inexistência de infraestruturas nas proximidades.

O conhecimento do percurso do sol ao longo do dia para as diferentes estações do ano é indispensável no projeto bioclimático de um edifício-tipo *stand-alone*.

Em Portugal, no solstício de inverno (21 de Dezembro) o sol nasce relativamente próximo da orientação sudeste e põe-se próximo da orientação sudoeste, variando o ângulo de azimute do nascer e do pôr-do-sol com a latitude do lugar. Neste dia, o ângulo de altura do sol apresenta os valores mais baixos de todo o ano. Nos equinócios (21 de Março e 21 de Setembro) o sol nasce exatamente na orientação Este e põe-se exatamente na orientação Oeste. No solstício de verão (21 de Junho) o sol nasce relativamente próximo da orientação Nordeste e põe-se relativamente próximo da orientação Noroeste, variando o ângulo de azimute do nascer e do pôr-do-sol com a latitude do lugar. Neste dia, o ângulo de altura do sol apresenta os valores mais altos de todo o ano. (Gonçalves et al, 2004)

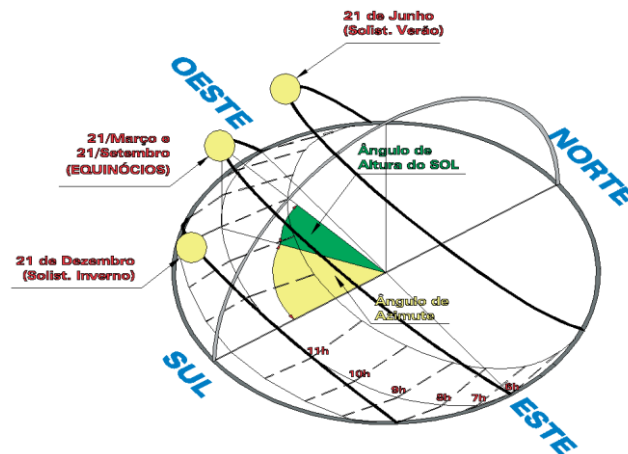


Figura 6.8 – Geometria solar: percursos do sol ao longo do ano (adaptado de Gonçalves et al, 2004)

Ou seja, através da geometria solar é possível concluir que:

- A fachada orientada a sul é aquela que recebe maior radiação solar durante a estação de inverno, podendo ser parcialmente ou totalmente atenuada durante a estação de verão através da introdução de sombreamento horizontal.
- A fachada orientada a norte é aquela que recebe menor radiação solar durante todo o ano sendo, por isso, a zona mais fria do edifício.
- Fachadas orientadas a Poente (Oeste) ou Nascente (Este) são as mais problemáticas: no verão a radiação solar incide em abundância e no inverno os ganhos são mínimos. Estas fachadas são, normalmente, as responsáveis pelas maiores cargas térmicas nos edifícios. (Graça, 2004)

Assim, os ganhos propiciados por determinada orientação estão diretamente relacionados com a presença de vãos envidraçados e sombreamento. A variável orientação,  $\alpha$ , ilustrada na Figura 6.9, é estudada juntamente com outras de modo a perceber até que ponto pode alterar os consumos energéticos.

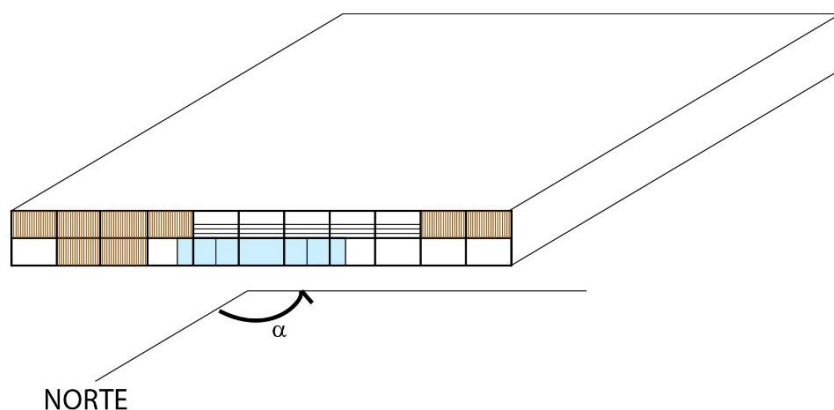


Figura 6.9 – Parâmetro: orientação do edifício-tipo

#### 6.3.1.2. Vãos Envidraçados

Os vãos envidraçados são responsáveis por importantes trocas de calor nos edifícios. A complexidade do dimensionamento deste tipo de elementos advém do facto do seu comportamento ser distinto durante as estações de aquecimento e de arrefecimento. Durante a primeira, o elevado coeficiente de transmissão térmica conduz a perdas de calor por condução, mas propicia os ganhos solares; na segunda (verão), os ganhos solares podem comprometer o conforto interior, conduzindo a situações de sobreaquecimento.

O edifício-tipo analisado apresenta vãos envidraçados apenas na fachada principal, sendo que as dimensões do vão da zona de entrada (10 m X 3 m) são constantes e transversais a inúmeros projetos analisados, pelo que não se considera uma variável de estudo. Por outro lado, a presença e as dimensões dos vãos envidraçados, na restante envolvente opaca da fachada principal, variam e provocam uma alteração nos consumos energéticos do edifício.

Neste trabalho, avalia-se a dimensão horizontal,  $H$ , dos vãos envidraçados,  $V1$ , ilustrados na Figura 6.10.

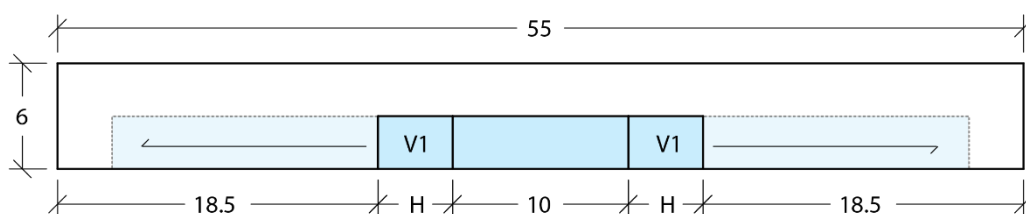


Figura 6.10 – Parâmetro: vãos-envidraçados do edifício-tipo

Note-se que o estudo do coeficiente de transmissão térmica dos vãos envidraçados é um parâmetro muito importante no que respeita ao desempenho deste elemento. Seguiu-se uma solução corrente, ou seja, para o presente estudo, considerou-se a solução apresentada no Quadro 6.3: vidro duplo com 3 mm de caixa-de-ar com coeficiente de transmissão térmica igual a  $2.72 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ .



### 6.3.1.3. Sombreamento

O sombreamento é, juntamente com as variáveis anteriormente apresentadas, o parâmetro de conceção que permite um correto equilíbrio entre ganhos e restrições solares durante as estações de aquecimento e arrefecimento, respetivamente.

A introdução da galeria em pórtico é uma solução recente na conceção dos projetos Continente Modelo. A disposição dos elementos de sombreamento, considerados neste estudo como sendo as barras verticais e horizontais, não apresentam um padrão definido na conceção dos *stand-alone* da insígnia já projetados. O modelo apresentado anteriormente (ver Figura 6.6), representa a configuração de um pórtico observado apenas num projeto. Apesar dos elementos serem transversais a todos os projetos, i.e. verificar-se a presença de ambos com predominância dos elementos horizontais na zona central da fachada principal e dos elementos verticais na zona lateral dessa mesma fachada, não se observou qualquer regra na sua disposição.

Por esse motivo a modelação do edifício-tipo é, de certo modo, propicia a comparações com um determinado projeto observado. O número de configurações possíveis para a disposição dos diferentes tipos de sombreamento é, praticamente, infinito. Torna-se, assim, necessário definir algum tipo de deposição que possa, naturalmente, ser alvo de otimização.

A Figura 6.11 representa uma alteração ao modelo inicial que prevê a presença de sombreamento do tipo *brise-soleil* na zona central da fachada (sombreamento  $SB_j$ ) e de sombreamento constituído pelos elementos verticais nas zonas laterais da fachada (sombreamento  $S_i$ ). Assim, a variável a otimizar será a altura,  $A$ , de cada um destes elementos.

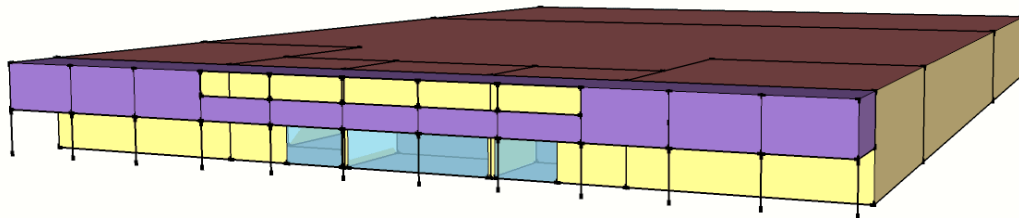


Figura 6.11 – Modelo 3D com alteração do sombreamento (Sketchup/OpenStudio)

Definiram-se módulos de elementos (quer verticais quer horizontais) com 5 metros de largura. Para cada elemento vertical,  $S_i$ , associa-se uma variável independente,  $A_i$ , de sentido descendente; do mesmo modo, a cada elemento horizontal,  $SB_j$ , corresponde uma variável  $A_j$ , neste caso com sentido ascendente.

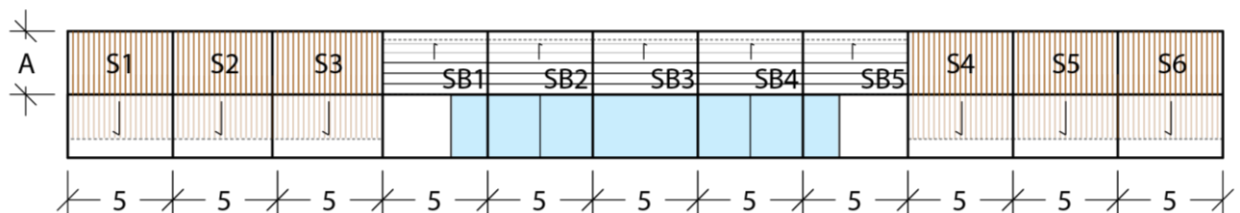


Figura 6.12 – Parâmetro: sombreamento da fachada principal

Uma vez que os elementos de sombreamento reais não são superfícies opacas, i.e., o espaçamento das barras verticais e horizontais não apresenta uma dimensão tão reduzida que possa ser desprezada, é necessário manipular, de certo modo, a modelação de modo a permitir a passagem de radiação solar. Considerou-se simplificada uma opacidade de 50% (0.5) para cada módulo.

#### 6.3.1.4. Ventilação Natural

No presente trabalho procura-se compreender a relação entre as renovações do ar asseguradas através de algum dispositivo, como por exemplo os *windcatchers* descritos anteriormente no capítulo cinco, e as necessidades energéticas do edifício.

O *software* de simulação permite, através da função `ZoneVentilation:DesignFlowRate`, especificar um fluxo de ar proveniente do exterior diretamente para uma determina zona interior. No presente estudo as renovações do ar horárias apresentam-se como uma variável importante uma vez que, além de favorecerem a qualidade do ar ambiente do espaço interior, podem contribuir para a diminuição das necessidades de arrefecimento e/ou aquecimento.

Dado que a temperatura do ar exterior varia ao longo de duas principais estações (verão e inverno) para os três concelhos analisados, o contributo das renovações do ar através de um sistema de ventilação natural com insuflação de ar exterior nos consumos energéticos varia de acordo com a estação. Geralmente os sistemas de ventilação natural são efetivos em dias com elevadas amplitudes térmicas entre o período diurno e noturno – tal como acontece na estação de verão nalgumas zonas do território nacional. Assim, o funcionamento destes sistemas deve ser diferenciado de acordo com a estação em estudo – de aquecimento e de arrefecimento – e preferencialmente em períodos diurnos e noturnos, já que a variação das amplitudes térmicas é muito significativa ao longo dos diversos principais períodos do dia.

Por este motivo o parâmetro considerado como renovação do ar tem associado quatro variáveis: as renovações durante as estações de aquecimento e arrefecimento para os períodos diurnos e noturnos.

### 6.3.2. GENOPT

O GenOpt é um programa de otimização genérica para minimização de uma função custo computacionada por outro *software* (no caso deste estudo esse é o EnergyPlus).

Na resolução de um problema de otimização, um conjunto de parâmetros independentes é iterativamente alterado de modo a atingir o mínimo duma determina função objetivo. Os parâmetros independentes (e.g. espessura do isolamento térmico, dimensão de janelas, condutibilidade térmica, etc.) obedecem a um conjunto tal que  $x \in \mathbb{R}^n$ , com  $n \in \mathbb{N}$ . Estes assumem valores dentro de um intervalo definido por limites superiores e inferiores, sendo que podem ser contínuos ou discretos. (Wetter, M. 2011)

A metodologia de otimização apresenta-se esquematicamente na Figura 6.13.

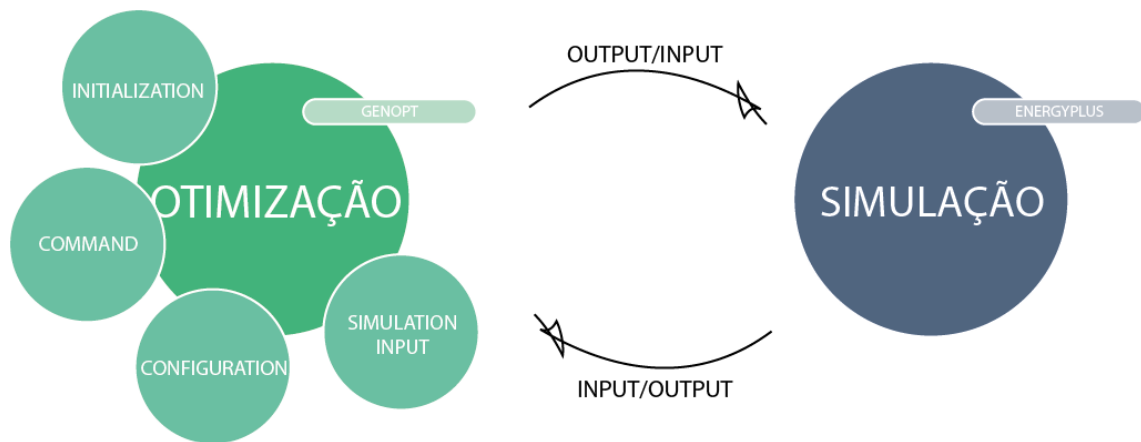


Figura 6.13 – Metodologia para a otimização das necessidades energéticas

O programa executável (.exe) necessita de quatro ficheiros *input* de modo a correr a otimização. Esses quatro ficheiros, editáveis com recurso a uma ferramenta de texto (e.g. *notepad*), descrevem-se seguidamente:

- i) **Initialization:** neste ficheiro encontram-se especificados os nomes e as localizações dos diversos ficheiros que surgem durante o processo de otimização (input files, output files, log files, etc.). A função de custo a minimizar é, também, definida neste ficheiro;
- ii) **Command:** o ficheiro *command* descreve os parâmetros a otimizar, enquanto variáveis, juntamente com as condições iniciais e fronteira e, também, o algoritmo de otimização utilizado;
- iii) **Configuration:** este ficheiro configura o programa de simulação (EnergyPlus) de modo a estabelecer uma ligação com o programa de otimização;
- iv) **Simulation Input:** o ficheiro *simulation input* é semelhante ao ficheiro *.idf* descrito anteriormente. Neste ficheiro os parâmetros a otimizar surgem como variáveis (e.g. %azimuth%).

Assim, a otimização inicia-se com um conjunto de parâmetros definidos que vão sendo ciclicamente alterados e simulados, até que a função objetivo (custo energético) atinga o valor mínimo encontrado.

### 6.3.2.1. Algoritmo de Otimização

O GenOpt dispõe de um conjunto de algoritmos predefinidos para a resolução de diferentes problemas de otimização. *Generalized Pattern Search*, *Particle Swarm Optimization*, *Discrete Armijo Gradient*, *Elder and Mead's Simplex*, são exemplos de alguns dos algoritmos possíveis de serem implementados no processo de otimização. Uma vez que não é objetivo do presente trabalho descrever e analisar os diferentes tipos de algoritmos, optou-se por utilizar um algoritmo do primeiro tipo – GPS (*Generalized Search Pattern*) – denominado por Hooke-Jeeves Algorithm.

O algoritmo de Hooke-Jeeves é um algoritmo de *Pattern Search*. O procedimento resume-se, simplificadamente, em quatro etapas:

- i) **Seleção** do Ponto Inicial (Base);
- ii) **Exploração** da vizinhança do Ponto Inicial para inferir uma direção de busca;
- iii) **Progressão** na direção de busca até decisão contrária;
- iv) **Finalização** de acordo com critérios de convergência.

Após a seleção do ponto inicial,  $b_k$ , recorre-se a um processo de movimentos exploratórios a partir desse ponto (*base point*). Os movimentos exploratórios têm como principal objetivo determinar um conjunto de informações acerca da função em estudo,  $f(x)$ , na vizinhança do ponto de partida,  $b_k$ , de modo a inferir uma direção de busca. Cada variável,  $x_i$ , sofre um incremento,  $\delta_i$ , (primeiro na direção positiva e posteriormente na direção negativa, se necessário) e é verificado o valor tomado pela função  $f(x)$ . Se o movimento for bem sucedido, ou seja, se o incremento conduzir a uma diminuição de  $f(x)$ , o valor de cada variável é guardado.

Após todas as variáveis sofrerem um incremento,  $\delta_i$ , (note-se que este incremento não é necessariamente o mesmo para cada variável) traduzindo-se numa diminuição de  $f(x)$ , um novo ponto de partida,  $b_{k+1}$ , é alcançado. Se  $b_{k+1} = b_k$  a função  $f(x)$  não sofreu, naturalmente, qualquer redução. Se  $b_{k+1} \neq b_k$  dá-se um movimento padrão (*pattern move*) de  $b_k$  para  $b_{k+1}$ , tomando essa direção como provável de otimização.

O movimento padrão (*pattern move*) é utilizado com o intuito de acelerar a procura da melhor direção com base na informação recolhida acerca de  $f(x)$ . Quando o algoritmo “encontra” uma redução segundo uma determinada direção, volta a procurar outra redução segundo essa mesma direção (progressão na direção de busca). Esse movimento continua até que a função  $f(x)$  seja sucessivamente minimizada.

Se  $b_{k+j}$  de um determinado movimento padrão provocar um aumento de  $f(x)$  então um novo movimento exploratório é iniciado a partir do último ponto que minimizou  $f(x)$ . O processo de otimização termina quando é alcançado algum critério de convergência previamente definido (e.g. número de iterações máximas, incremento assume um valor mínimo).

Na Figura 6.14 representa-se o diagrama do algoritmo exposto anteriormente.

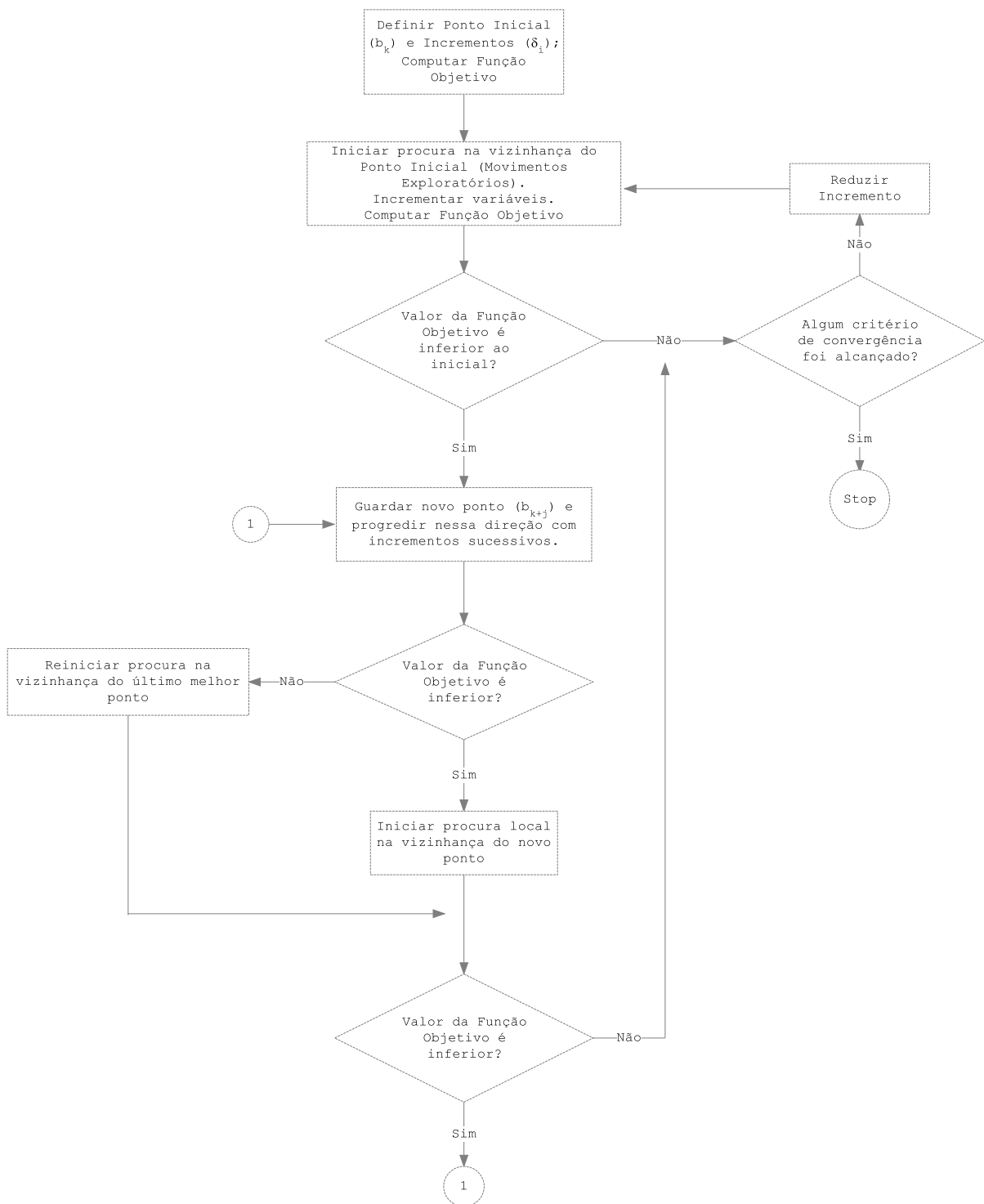


Figura 6.14 – Diagrama do algoritmo de Hooke-Jeeves (adaptado de University of Windsor)

### 6.3.2.2. Definição da Função Objetivo

O processo de otimização tem como finalidade minimizar uma função objetivo,  $f(x)$ , tal como foi dito anteriormente e seguidamente se escreve:

$$\min f(x) = \min f(x_1, \dots, x_n) \quad (6.5)$$

No caso do presente estudo a minimização da função objetivo consiste em minimizar as necessidades energéticas totais do edifício-tipo:

$$\min f(x_1, \dots, x_n) = \min E_{tot} \quad (6.6)$$

onde  $x_i$  representam as variáveis em estudo e  $E_{tot}$  as necessidades energéticas totais do edifício – tipo

### 6.3.2.3. Definição das Variáveis

As variáveis baseiam-se nos quatro parâmetros apresentados anteriormente: orientação do edifício, dimensão horizontal dos vãos envidraçados, dimensões dos sombreamentos e renovações do ar.

No Quadro 6.9 e no Quadro 6.10 representam-se, respetivamente, todas as variáveis associadas a cada um dos diferentes parâmetros e a definição completa dessas variáveis (nome, intervalo de variação e incremento).

Quadro 6.9 – Parâmetros e variáveis associadas

PARÂMETRO	DESCRIÇÃO DA VARIÁVEL	NOME
<b>ORIENTAÇÃO DO EDIFÍCIO</b>	Ângulo com o norte geográfico, $\alpha$	azimuth
<b>VÃOS ENVIDRAÇADOS</b>	Dimensão horizontal, H, do vão envidraçado da esquerda	h_vao_esq
	Dimensão horizontal, H, do vão envidraçado da direita	h_vao_dir
<b>SOMBREAMENTOS</b>	Altura, A, ou dimensão (sentido descendente) do módulo S1	as1
	Altura, A, ou dimensão (sentido descendente) do módulo S2	as2
	Altura, A, ou dimensão (sentido descendente) do módulo S3	as3
	Altura, A, ou dimensão (sentido descendente) do módulo S4	as4
	Altura, A, ou dimensão (sentido descendente) do módulo S5	as5
	Altura, A, ou dimensão (sentido descendente) do módulo S6	as6
	Altura, A, ou dimensão (sentido ascendente) do módulo SB1	asb1
	Altura, A, ou dimensão (sentido ascendente) do módulo SB2	asb2
	Altura, A, ou dimensão (sentido ascendente) do módulo SB3	asb3
	Altura, A, ou dimensão (sentido ascendente) do módulo SB4	asb4
	Altura, A, ou dimensão (sentido ascendente) do módulo SB5	asb5

PARÂMETRO	DESCRIÇÃO DA VARIÁVEL	NOME
<b>RENOVAÇÕES DO AR</b>	Renovações horárias na estação de arrefecimento diurno	rhard
	Renovações horárias na estação de arrefecimento noturno	rharn
	Renovações horárias na estação de aquecimento diurno	rhaqd
	Renovações horárias na estação de aquecimento noturno	rhaqn

Quadro 6.10 – Definição das variáveis: nome, intervalo e incremento

```

Parameter{ Name = azimuth      ; Min = SMALL ; Ini = 0      ; Max = BIG ; Step = 10      ; }
Parameter{ Name = h_vao_esq    ; Min = 0      ; Ini = 4.0    ; Max = 20   ; Step = 0.5    ; }
Parameter{ Name = h_vao_dir    ; Min = 0      ; Ini = 4.0    ; Max = 20   ; Step = 0.5    ; }
Parameter{ Name = as1         ; Min = 1.5    ; Ini = 3.0    ; Max = 6.0   ; Step = 1.5    ; }
Parameter{ Name = as2         ; Min = 1.5    ; Ini = 3.0    ; Max = 6.0   ; Step = 1.5    ; }
Parameter{ Name = as3         ; Min = 1.5    ; Ini = 3.0    ; Max = 6.0   ; Step = 1.5    ; }
Parameter{ Name = as4         ; Min = 1.5    ; Ini = 3.0    ; Max = 6.0   ; Step = 1.5    ; }
Parameter{ Name = as5         ; Min = 1.5    ; Ini = 3.0    ; Max = 6.0   ; Step = 1.5    ; }
Parameter{ Name = as6         ; Min = 1.5    ; Ini = 3.0    ; Max = 6.0   ; Step = 1.5    ; }
Parameter{ Name = asb1        ; Min = 0      ; Ini = 1.5    ; Max = 3.0   ; Step = 0.5    ; }
Parameter{ Name = asb2        ; Min = 0      ; Ini = 1.5    ; Max = 3.0   ; Step = 0.5    ; }
Parameter{ Name = asb3        ; Min = 0      ; Ini = 1.5    ; Max = 3.0   ; Step = 0.5    ; }
Parameter{ Name = asb4        ; Min = 0      ; Ini = 1.5    ; Max = 3.0   ; Step = 0.5    ; }
Parameter{ Name = asb5        ; Min = 0      ; Ini = 1.5    ; Max = 3.0   ; Step = 0.5    ; }
Parameter{ Name = rhard       ; Min = 0      ; Ini = 0.3    ; Max = 2.0   ; Step = 0.1    ; }
Parameter{ Name = rharn       ; Min = 0      ; Ini = 0.3    ; Max = 2.0   ; Step = 0.1    ; }
Parameter{ Name = rhaqd       ; Min = 0      ; Ini = 0.3    ; Max = 2.0   ; Step = 0.1    ; }
Parameter{ Name = rhaqn       ; Min = 0      ; Ini = 0.3    ; Max = 2.0   ; Step = 0.1    ; }

```

Note-se que, na realidade, os valores apresentados no Quadro 6.10 das variáveis métricas não correspondem aos valores introduzidos no ficheiro *command*, uma vez que as coordenadas das diferentes variáveis são globais, com origem num vértice do edifício. Assim, os dados apresentados representam o valor inicial e o intervalo de variação das dimensões (variáveis) de cada elemento individualmente, mas não no modelo com coordenadas globais, utilizado na otimização.

De modo a conseguir otimizar as variáveis associadas à renovação do ar foi necessário definir um novo período de simulação de raiz, uma vez que o programa de simulação não dispõe de nenhum horário (Schedule) predefinido que compreenda individualmente os quatro períodos necessários. O Quadro 6.11 mostra a definição desse horário para a estação de arrefecimento (verão) durante o período diurno (08:00 às 18:00) e para o período noturno (das 18:00 às 24:00 e das 24:00 às 08:00). Do mesmo modo definiram-se os períodos para a estação de aquecimento (WinterDesignDay).

Quadro 6.11 – Input (.idf) para definição de um período de simulação específico para as renovações do ar

```
Schedule:Compact,
Ventilacao Natural Dia,           !- Name
Fraction,                         !- Schedule Type Limits Name
Through: 12/31,                   !- Ending date for the Schedule period {M/D}
For: SummerDesignDay,             !- Applicable Days
Until: 08:00, 0.0,                !- Ending Time {HH:MM}
Until: 18:00, 1.0,
Until: 24:00, 0.0,
For: AllOtherDays,
Until: 24:00, 0.0;

Schedule:Compact,
Ventilacao Natural Noite,         !- Name
Fraction,                         !- Schedule Type Limits Name
Through: 12/31,                   !- Ending date for the Schedule period {M/D}
For: SummerDesignDay,             !- Applicable Days
Until: 08:00, 1.0,                !- Ending Time {HH:MM}
Until: 18:00, 0.0,
Until: 24:00, 1.0,
For: AllOtherDays,
Until: 24:00, 0.0;
```

### 6.3.3. RESULTADOS

A otimização das variáveis conduziu a diferentes resultados para cada uma das zonas climáticas analisadas. Seguidamente apresentam-se os resultados finais obtidos para as necessidades energéticas do edifício-tipo quando localizado em diferentes concelhos assim como o valor das variáveis que conduziu a tais resultados.

Inicialmente introduziram-se todas as variáveis anteriormente apresentadas no processo de otimização. Os valores das necessidades energéticas anuais do edifício-tipo, obtidas para cada um dos concelhos, apresentam-se na Figura 6.15. A variação das necessidades de aquecimento e de arrefecimento comparativamente àquelas obtidas pela simulação inicial ilustram-se na Figura 6.16.

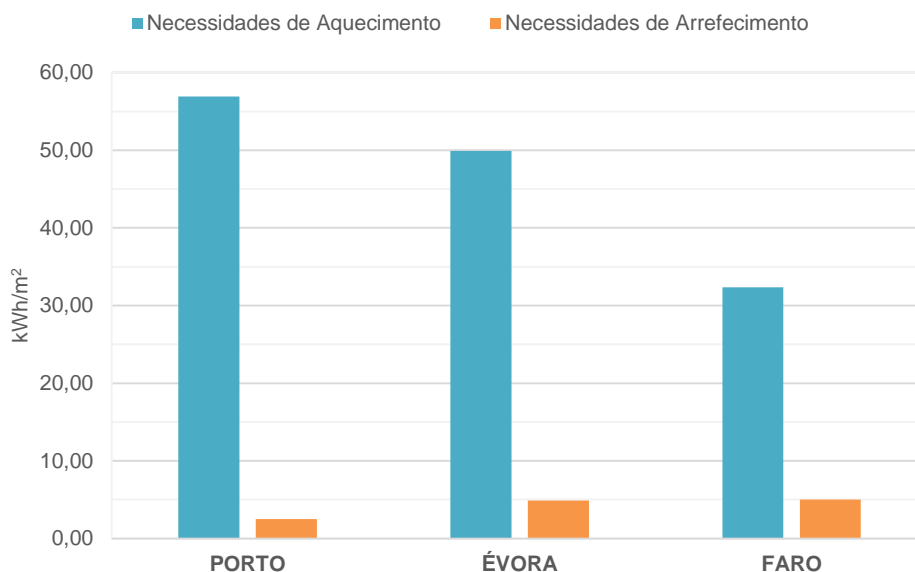


Figura 6.15 – Resultados da otimização energética: necessidades de aquecimento e de arrefecimento por concelho considerando a influência de todas as variáveis



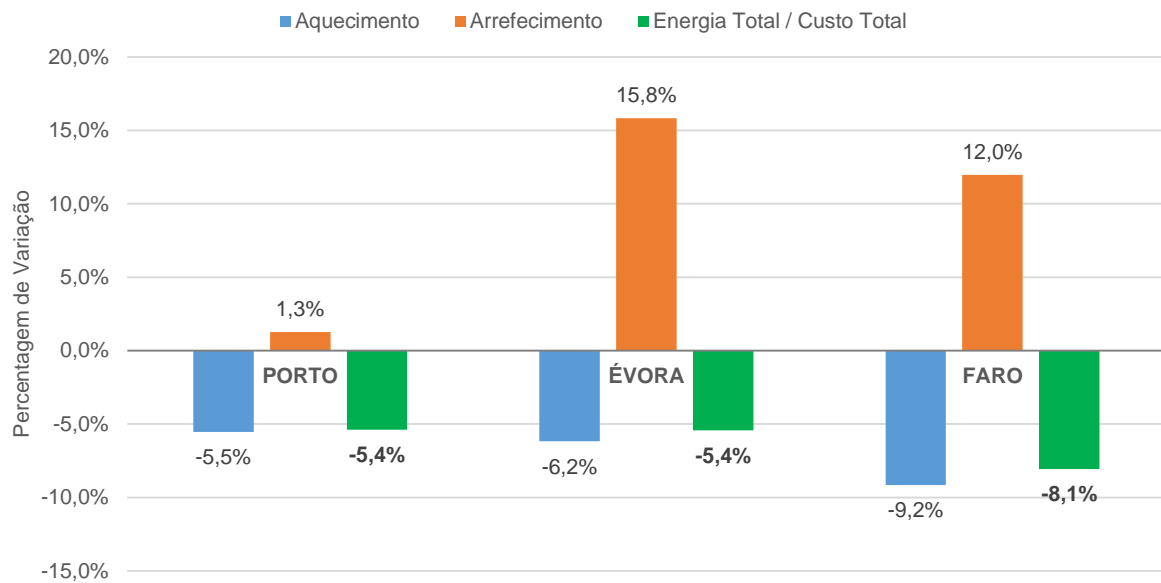
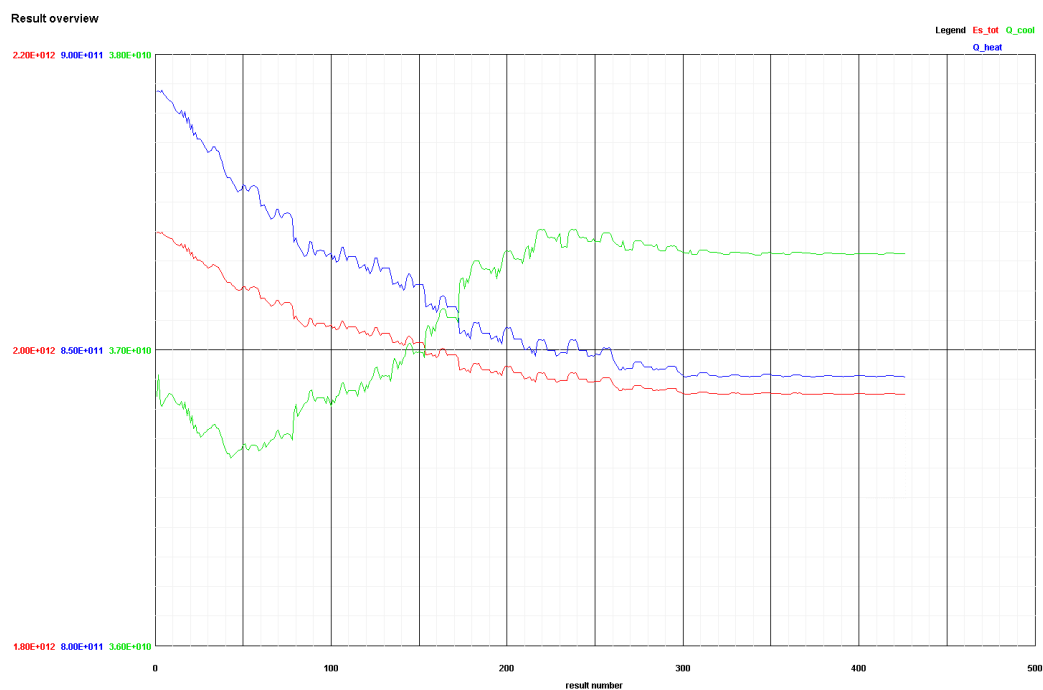


Figura 6.16 – Variação das necessidades de aquecimento e de arrefecimento após otimização

No caso do Porto obteve-se, após a otimização dos parâmetros, uma redução de 5.5% para as necessidades de aquecimento e um aumento de 1% com as necessidades de arrefecimento. Considerando a variação da energia total obteve-se uma redução final de 5.4%. O processo de otimização, com aproximadamente 425 iterações pode ser analisado na Figura 6.17, onde se observa o aumento das necessidades de arrefecimento (linha verde) à medida que as necessidades de aquecimento diminuem (linha azul). Note-se que os três gráficos estão escalados em diferentes eixos verticais (em Joules).


 Figura 6.17 – Processo de otimização no *software* GenOpt para o concelho do Porto

Os gráficos resultantes do processo de otimização para os outros concelhos não se apresentam, uma vez que não se justifica a sua utilidade. Os dados tratados são somente os iniciais e os finais.

As necessidades de aquecimento sofreram, para o concelho de Évora, uma redução de aproximadamente 6.2%, enquanto as necessidades de arrefecimento aumentaram significativamente em 16%. No total obteve-se uma redução das necessidades energéticas de 5.4%.

O edifício-tipo localizado no concelho de Faro foi aquele que sofreu uma maior redução percentual total, com uma variação de 8.1%. Esta redução deve-se, essencialmente, à diminuição das necessidades de aquecimento (-9.2%), apesar do aumento com necessidades de aquecimento.

É notável a redução com necessidades de aquecimento em todos os concelhos. Por outro lado, todos os concelhos apresentam um aumento das necessidades de arrefecimento, sendo que o aumento é marcadamente superior (quer em valor absoluto quer em percentagem) nos concelhos com estação de verão mais exigente, como é o caso de Évora e Faro.

Porém, o valor total da energia diminuiu nos três concelhos, isto porque a estação de inverno é a mais exigente e aquela para a qual se conseguem implementar medidas mais eficazes. Além disso, o maior número de ocorrências de um determinado conjunto de características térmicas, ou a maior concentração de pontos dos diagramas psicrométricos, localizam-se à esquerda da zona de conforto, pelo que as estratégias de ganhos solares são prioritárias.

Comparar a variação da energia total é exatamente igual a comparar a variação do custo com a energia final. Isto porque o custo da energia elétrica,  $e$ , surge como um coeficiente na equação (6.4) e mantém-se constante na simulação inicial e após a otimização. Assim, falar numa redução de  $Y_i\%$  nos consumos energéticos com necessidades de aquecimento e arrefecimento é o mesmo que uma redução de  $Y_i\%$  nos custos finais com energia elétrica primária. Essa redução,  $Y_i\%$ , pode estar sobrestimada se os fatores  $\eta$  da equação (6.3) apresentarem rendimentos de eficiência dos equipamentos mecânicos superiores ou fatores de conversão para energia primária inferiores; do mesmo modo, poderá estar subestimada quando os rendimentos são inferiores ou os fatores de conversão superiores.

Importa ainda realçar que as variações percentuais não devem ser comparadas diretamente entre diferentes concelhos. Uma redução percentual de 5.4% num edifício localizado no concelho do Porto e noutro localizado em Évora não corresponde à mesma diminuição energética (kWh/m<sup>2</sup>) ou económica (€), uma vez que as necessidades iniciais são diferentes. Assim sendo, apresentam-se seguidamente (Quadro 6.13 e Quadro 6.14) a diferença absoluta da energia total e dos custos, antes e após a variação para cada concelho.

Quadro 6.12 – Influência da percentagem de variação na diferença absoluta da energia total inicial e final por concelho

	SIMULAÇÃO (kWh/m <sup>2</sup> )	OTIMIZAÇÃO (kWh/m <sup>2</sup> )	VARIAÇÃO (%)	DIFERENÇA ABS (kWh/m <sup>2</sup> )
<b>PORTO</b>	140.20	132.67	5.37	-7.53
<b>ÉVORA</b>	126.36	119.50	5.43	-6.86
<b>FARO</b>	86.85	79.85	8.07	-7.01

Quadro 6.13 – Influência da percentagem de variação na diferença absoluta do custo total inicial e final por concelho

	SIMULAÇÃO (€/m <sup>2</sup> )	OTIMIZAÇÃO (€/m <sup>2</sup> )	VARIAÇÃO (%)	DIFERENÇA ABS (€/m <sup>2</sup> )
<b>PORTO</b>	22.01	20.83	5.37	-1.18
<b>ÉVORA</b>	19.84	18.57	5.43	-1.07
<b>FARO</b>	13.64	12.31	8.07	-1.08

Da análise dos quadros anteriores é possível concluir que o edifício-tipo localizado no Porto é aquele que sofre menor variação entre o valor obtido inicialmente pela simulação e o valor resultante da otimização (quer energético quer económico). Contudo, uma vez que as necessidades de aquecimento para este concelho são bastante elevadas quando comparadas com os outros dois, a diferença absoluta no valor da energia total por metro quadrado é superior.

O concelho do Porto é, portanto o que apresenta efetivamente a maior redução com custos energéticos após a otimização dos diversos parâmetros estudados.

O valor das variáveis que conduziu a tais variações, para os três concelhos, pode observar-se no seguinte Quadro 6.14.

Quadro 6.14 – Valor das variáveis dos parâmetros após a otimização

	PORTO	ÉVORA	FARO
azimuth	180	180	180
h_vao_esq	20 (max)	20 (max)	20 (max)
h_vao_dir	20 (max)	20 (max)	20 (max)
asi <sup>24</sup>	3.0 (ini)	3.0 (ini)	3.0 (ini)
asbi <sup>25</sup>	3.0 (max)	3.0 (max)	3.0 (max)
rhard	0.4	0.5	0.6
rharn	1.4	2.0 (max)	2.0 (max)
rhaqd	0.3 (min)	0.3 (min)	0.3 (min)
rhaqn	0.3 (min)	0.3 (min)	0.3 (min)

A orientação da fachada principal que possibilita o maior ganho solar é segundo o sul ou 180° a partir do norte geográfico. O resultado desta variável era, à partida, evidente. De facto todos os concelhos apresentam o inverno como a estação mais exigente; assim, a promoção de radiação solar deve ser maximizada.

<sup>24</sup> Todos os módulos de sombreamento vertical (i=1,...,6) apresentaram o mesmo valor no final da otimização.

<sup>25</sup> Todos os módulos de sombreamento horizontal (i=1,...,5) apresentaram, igualmente, o mesmo valor no final da otimização (o máximo possível).

No inverno o percurso do sol realiza-se para azimutes próximos do sul geográfico, estando, por isso, uma fachada orientada a sul sujeita a um maior número de horas de radiação solar incidente. Por outro lado, durante o verão o percurso do sol atinge ângulos elevados, próximos do zénite. Uma vez que o pórtico da galeria exterior apresenta um sombreamento natural conferido através da sua cobertura (ou pala superior), os ganhos durante esta estação são facilmente atenuados. A Figura 6.18 representa esquematicamente o descrito.

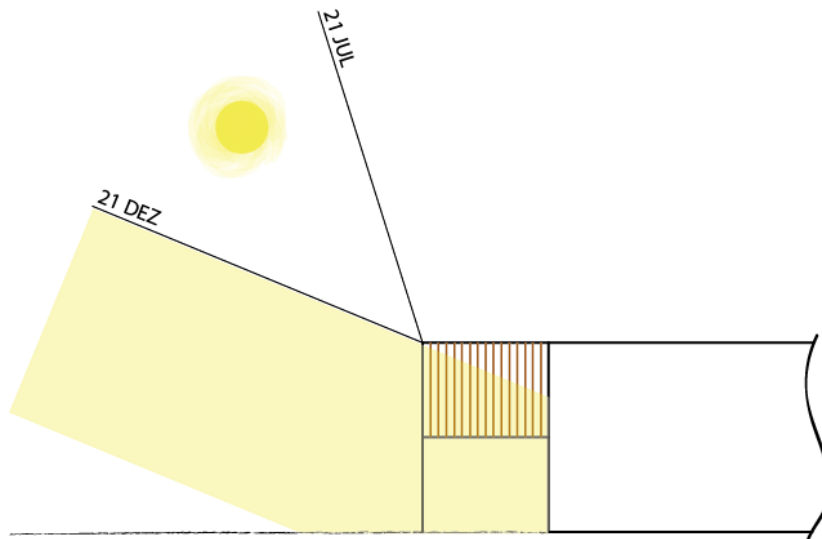


Figura 6.18 – Incidência da radiação solar (verão e inverno) na fachada principal

As variáveis associadas à dimensão dos vãos envidraçados tomaram os valores máximos possíveis definidos no intervalo (20 metros cada). Este resultado está diretamente relacionado com a orientação e com o sombreamento.

Todos os elementos de sombreamento verticais assumiram o valor mínimo definido (3.0 metros), enquanto os elementos de sombreamento horizontais apresentam o valor máximo (3.0 metros). Ou seja, os três metros superiores da fachada completamente sombreados e os três metros inferiores completamente livres destes elementos, tal como se ilustra na Figura 6.19.

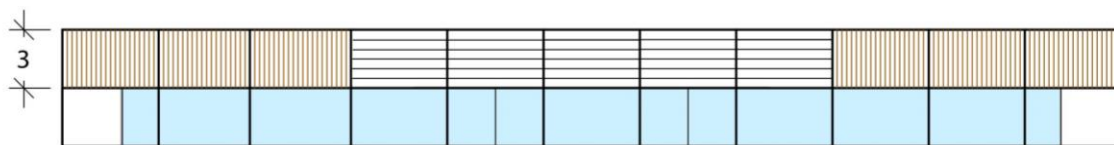


Figura 6.19 – Representação esquemática da fachada principal otimizada

Estas variáveis assumiram os mesmos valores para todos os concelhos uma vez que a área de Portugal não se estende por um conjunto de latitudes onde se verifique uma alteração significativa do percurso do sol.

A renovação do ar é o parâmetro que apresenta maior variação entre concelhos. Todos eles apresentam em comum o valor (mínimo possível) das renovações do ar horárias para a estação de aquecimento (inverno) quer durante o período diurno quer noturno. Este facto deve-se à temperatura do ar exterior ser inferior à temperatura interior do edifício durante todo o período diário, não sendo conveniente arrefecer as massas térmicas ou promover trocas entre o exterior e o interior do edifício. Ainda que durante a estação de inverno existam amplitudes térmicas diárias consideráveis, essas flutuações ocorrem, usualmente, para temperaturas inferiores a 15°C, sendo que as temperaturas máximas alcançadas durante o período diurno não são suficientemente altas para aquecer a massa térmica do edifício e consequentemente justificar períodos de ventilação noturnos. Se o intervalo de variação desta variável apresentasse como limite inferior zero renovações, muito provavelmente alguns concelhos apresentariam esse valor, com o objetivo de “guardar” os poucos ganhos passivos durante a estação fria.

As renovações do ar durante a estação de verão apresentam um padrão completamente diferente. No concelho do Porto a temperatura do ar exterior não atinge valores extremamente elevados o que, por vezes, favorece a ventilação natural diurna permitindo manter ou diminuir ligeiramente a temperatura interior o edifício, proporcionando uma sensação de conforto. Quando o edifício é exposto durante longas horas do dia à radiação solar, as suas massas térmicas aquecem. Durante o período noturno a temperatura do ar exterior é inferior à temperatura no interior do edifício, pelo que deve ser privilegiado o arrefecimento do mesmo até certo ponto (1.4 h<sup>-1</sup>). A ventilação natural não atinge o valor máximo porque a temperatura do ar diurna não é suficiente para um sobreaquecimento em excesso das massas do edifício.

Nos outros dois concelhos ocorre algo semelhante daquilo descrito para um edifício localizado no Porto. Porém, nestes casos, as temperaturas diárias durante a estação de verão atingem valores superiores e ocorrem com maior frequência<sup>26</sup> pelo que as renovações do ar atingem valores superiores (dia e noite). A temperatura diurna nestes concelhos é suficientemente elevada para sobreaquecer as massas térmicas ao longo do período diurno, devendo privilegiar-se o seu arrefecimento noturno (2 h<sup>-1</sup>) para que no dia seguinte o edifício não acumule ganhos térmicos do dia anterior.

---

<sup>26</sup> Relembre-se que temperaturas acima dos 25°C ocorrem apenas 7 dias por ano no Porto, 40 dias por ano em Évora e 30 dias em Faro (ver Quadro 5.1)



## 7

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

## 7.1. CONCLUSÕES DO TRABALHO REALIZADO

Ao longo da elaboração deste trabalho verificou-se que a consideração de medidas passivas no projeto de edifícios *stand-alone* Continente Modelo apresenta-se, para além de um conceito sustentável, um caminho para a redução de custos em fase de exploração.

Com base no *benchmarking* realizado foi possível perceber que os grupos líderes em retalho alimentar apresentam diretrizes e planos específicos quanto aos objetivos a curto e longo prazo das suas construções. Apesar das soluções implementadas por esses grupos procurarem muitas vezes atestar um certificado verde às suas construções, essas são sucessivamente aprimoradas contribuindo para uma otimização global do projeto e do edifício final.

A análise climática realizada para três concelhos de Portugal permitiu concluir que existe, de facto, alguma diversidade que deve ser tida em conta no projeto dos edifícios. Naturalmente, esta consideração deve ser vista segundo uma abordagem de conceção arquitetónica, uma vez que no projeto de especialidades já se considera essa diversidade nos diferentes regulamentos. Através dessa análise e da correlação com cartas bioclimáticas constatou-se, também, que Portugal apresenta climas onde as medidas passivas de aquecimento e de arrefecimento podem ser facilmente eficientes na redução dos consumos energéticos.

A simulação e a otimização permitiram comparar quantitativamente a influência que a introdução de uma arquitetura bioclimática, no projeto dos edifícios *stand-alone*, pode ter na redução de custos. O concelho com maiores necessidades de aquecimento (Porto) foi aquele que se revelou mais promissor na implantação de medidas que propiciem os ganhos solares; em contrapartida, nos concelhos com maiores necessidades de arrefecimentos, Évora e Faro, a implementação de sistemas de ventilação natural em períodos do dia previamente estudados apresentou-se como uma solução inovadora que, para além de melhorar a qualidade do ar interior, diminui os consumos energéticos.

A orientação geográfica dos edifícios é a variável com menos impacto quando se avalia a instalação de novas lojas por parte da Sonae MC e, por esse motivo, deve ser vista como uma imposição em zonas urbanizadas e cujas infraestruturas existentes assim o determinem. Isto é, nos casos de zonas urbanas consolidadas a orientação geográfica do edifício ficará sempre condicionada à avaliação cuidada de outros parâmetros associados ao negócio, nomeadamente todos os que se relacionam com os estudos de mercado e o posicionamento da concorrência.

Por outro lado, quando o projeto deste tipo de edifício se apresentar como impulsionador para o crescimento local de uma comunidade ou pela movimentação populacional para zonas do território

remotas ainda pouco urbanizadas, a definição da orientação deve partir da equipa de Arquitetura que compõe a Sonae MC, considerando os conceitos associados à arquitetura bioclimática como as diretrizes fundamentais de conceção.

A dimensão dos vãos envidraçados é uma das variáveis que melhor otimização (indiretamente ou não) tem sofrido por parte da DCL. Os últimos projetos apresentam vãos envidraçados na frente de loja muito superiores àqueles observados em edifícios projetados e construídos antes do ano de 2011.

O sombreamento, juntamente com os vãos envidraçados, representam duas variáveis que conferem, em grande parte, a identidade estética do edifício. Estes elementos influenciam ainda, como foi possível concluir dos resultados obtidos, as necessidades energéticas do edifício. A DCL pode, assim, integrar na conceção da envolvente dos edifícios conceitos estéticos e técnicos que favorecem simultaneamente a imagem e o desempenho do edifício.

A ventilação natural apresenta-se como uma solução inovadora quando implementada em edifícios de retalho e que pode, efetivamente, contribuir para o arrefecimento das massas térmicas e consequentemente para a redução das necessidades de arrefecimento; a ventilação natural contribui também reconhecidamente para a salubridade (i.e. ventilação higiénica) dos espaços fechados e logo para a melhoria de condições de uso pelos clientes e demais utentes dos edifícios.

Os resultados obtidos para as diferentes variáveis após a otimização sugerem uma configuração para o edifício-tipo semelhante a alguns edifícios observados no capítulo de *benchmarking*: fachada orientada a sul totalmente envidraçada com sombreamento localizado na zona superior. Os valores obtidos para as renovações horárias evidenciam, também, que a utilização de sistemas de ventilação natural por parte de alguns grupos de retalho alimentar nas suas construções se justifica tanto do ponto de vista de habitabilidade como de poupança energética.

Porém, o caminho a percorrer para a implementação de tais medidas exige uma vontade interna do grupo para repensar as suas construções, nomeadamente dos edifícios *stand-alone*.

Como comentário final, o autor considera relevante destacar as dificuldades encontradas na realização deste trabalho devido à diversidade de subtemas que ultrapassam a especialização do mesmo em âmbito empresarial.

## 7.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

### 7.2.1. OTIMIZAÇÃO ENERGÉTICA

O estudo realizado pretendeu essencialmente identificar um ou mais caminhos possíveis para a redução de custos relacionados com os projetos da responsabilidade da Sonae MC, concretamente os edifícios *stand-alone*.

Os desenvolvimentos futuros do presente trabalho apresentam inúmeras direções possíveis. A primeira seria aprofundar o estudo relacionado diretamente com as medidas passivas aqui apresentadas. A validação comparativa das conclusões relacionadas com os consumos energéticos após a otimização poderá ser efetuada através da realização de simulações mais ponderadas e, essencialmente, mais detalhadas, onde se considere a definição de todos os equipamentos que alteram as condições térmicas do edifício. Complementarmente poderão avaliar-se as necessidades energéticas reais de edifícios localizados em diferentes climas (com base em informações internas do grupo) e ajustar as simulações numéricas de modo obter resultados mais desenvolvidos, assim como proceder ao cálculo segundo a legislação em vigor (RCCTE) e comparar os três resultados.



Ainda no âmbito deste trabalho seria interessante propor um conjunto de configurações tipo para todas as fachadas principais quando localizadas em diferentes zonas climáticas e quando orientadas segundo as quatro direções geográficas principais.

Relativamente a um estudo do ponto de vista conceptual seria interessante desenvolver um manual ou um plano e orientações de “arquitetura bioclimática” na conceção de edifícios de retalho alimentar para diferentes localizações do mundo onde se preveja futuros negócios ou expansões.

As outras direções que tal trabalho possibilita relacionam-se com potenciais medidas de melhoria identificadas para alguns sistemas que compõem os edifícios *stand-alone* analisados e que, seguidamente se descrevem.

#### 7.2.2. OUTRAS PROPOSTAS DE MELHORIA

Propõe-se seguidamente alguns exemplos de melhoria que pretendem ilustrar que há sempre espaço para desenvolvimento e inovação na conceção de edifícios para usos específicos como os que se analisaram nesta dissertação (retalho alimentar).

As medidas de melhoria identificadas visam, prioritariamente, a redução de custos na perspetiva do custo-benefício, considerando a vida útil prevista para o edifício global ou alguns dos seus subsistemas construtivos específicos. Porém, quando se implementam soluções inovadoras, ainda que acarretem custos iniciais elevados, existe uma parcela difícil de quantificar. Essa parcela relaciona-se com o aumento de clientes/vendas.

As propostas que aqui se apresentam pretendem contribuir com ideias concretas de melhoria no edificado que permitam simultaneamente reduzir custos de investimento e/ou exploração e melhorar a satisfação dos clientes: soluções que reduzam (ainda que decimalmente) os custos de investimento e exploração ou que se apresentem, com base no *benchmarking* e vontade interna do grupo, como o caminho evolutivo natural da insígnia Continente Modelo sem que o seu conceito ou imagem sejam comprometidos.

##### 7.2.2.1. Análises Custo-Benefício

As decisões de investimento na procura e implementação de soluções construtivas e tecnológicas inovadoras no setor do retalho são a base do desenvolvimento estratégico de uma empresa ou insígnia. Alterar o conceito de uma insígnia, desenvolver um novo equipamento de loja ou sistema de iluminação e projetar um edifício atendendo a estes e muitos outros fatores, representam decisões de investimento difíceis que implicam um aumento de custos a curto prazo que visam um retorno maior de benefícios e lucros num futuro próximo (ou a longo prazo).

Desenvolver um determinado produto ou serviço para as lojas do grupo é um tipo de decisão de investimento que prevê um retorno benéfico (seja por aumento de vendas do próprio serviço ou por aumento do número de clientes atraídos à loja) num prazo relativamente curto após a sua implementação.

Por outro lado, alterar por completo o sistema de iluminação de uma loja apresenta-se como uma decisão de investimento cujo período de retorno económico se prevê mais alargado. O mesmo se aplica, por exemplo, na implementação de novos sistemas construtivos para a envolvente dos edifícios (fachadas e/ou coberturas) com vista a um melhor desempenho energético ou renovação de conceito arquitetónico.

Porém, existem diversos sistemas que constituem os edifícios *stand-alone* da insígnia Continente Modelo que podem ser, até certo ponto, ser definidos pelas equipas da DCL e implicam decisões de investimento importantes.

Frequentemente algumas dessas decisões não apresentam como base uma análise custo-benefício bem fundamentada e quantificável. Essa análise deve contemplar um plano<sup>27</sup> bem estruturado constituído, ordenadamente, pelos seguintes pontos:

1. Definição de objetivos;
2. Viabilidade e opções alternativas;
3. Análise e decisão (económico-financeira, multicritério, sensibilidade e risco)
4. Conclusões

O primeiro ponto, “Definição de objetivos”, deve ser totalmente claro acerca da decisão de investimento que a DCL pretende assumir. Os objetivos devem expressar uma necessidade ou vontade da Sonae MC (e.g. “Como projetar edifícios NZEB (Nearly Zero Energy Buildings) após 2020”<sup>28</sup>, “Desenvolver um sistema de equipamentos modulares para o mercado de frescos” ou “Avaliar o desempenho de fachadas ventiladas em climas tropicais de edifícios *stand-alone*”).

O segundo, “Viabilidade e opções alternativas”, pretende essencialmente avaliar o potencial dos objetivos propostos do ponto de vista de exequibilidade de acordo com fatores (recursos, prazos, especificidade) associados ao seu correto desenvolvimento. Complementarmente podem ser propostas soluções alternativas que visam viabilizar os objetivos na mesma direção recorrendo a diferentes abordagens.

A “Análise e decisão” deve compreender uma avaliação quantitativa que, com base em análises objetivas, permita comparar diferentes cenários para as soluções propostas. Os métodos de análise e decisão (multicritério, sensibilidade, risco e incerteza, ciclo de vida, entre outros) relacionam-se diretamente com os objetivos.

O último ponto, como o próprio nome indica, procura apresentar as conclusões e decisões que devem ser tomadas de modo a alcançar os objetivos definidos de acordo com um estudo bem fundamentado, permitindo assim perceber a relação custo-benefício da implementação de uma determinada solução.

Um edifício em *stand-alone* é constituído por diversos sistemas, como descrito no capítulo três. Alguns destes sistemas apresentam maior potencial de retorno do que outros, sendo que a sua complexidade poderá exigir investimentos que não justificam o seu estudo de acordo com determinados critérios.

A Figura 7.1 ilustra uma matriz, proposta pela Universidade de Stanford, que relaciona o potencial de variação do custo e o tipo de análise/estudo exigido para alcançar essa variação (neste caso redução).

---

<sup>27</sup> O plano apresentado pelo autor tem por base a metodologia de projetos de investimento apresentada pela Comissão Europeia - [http://ec.europa.eu/regional\\_policy/sources/docgener/guides/cost/guide2008\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/guides/cost/guide2008_en.pdf)

<sup>28</sup> Note-se que a partir de 2020 os novos edifícios terão de ser NZEB, de acordo com a Diretiva Europeia de 19 de Maio de 2010 da EPBD (Energy Performance of Buildings Directive)

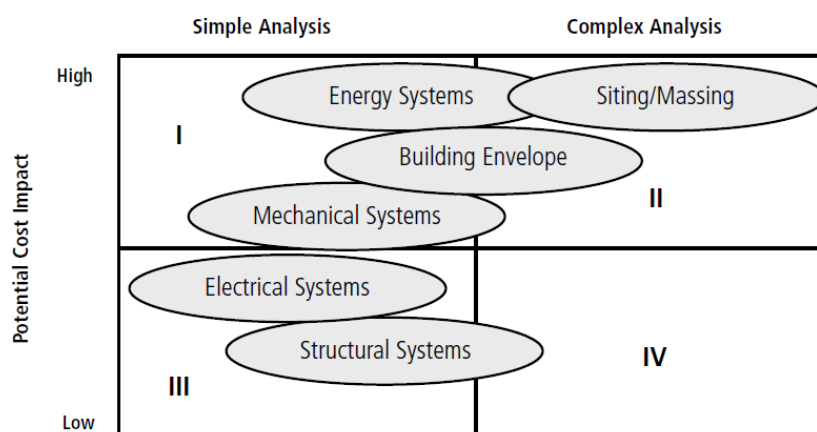


Figura 7.1 – Impacte nos custos de diferentes sistemas de acordo com a complexidade do estudo (adaptado de Stanford University)

Pela observação da Figura 7.1 é possível concluir que a envolvente, juntamente com os sistemas energéticos (ou de produção de energia) e mecânicos localizam-se na zona com elevado potencial de impacto nos custos e cuja complexidade de estudo é baixa; este foi um dos temas sobre o qual incidiu a presente dissertação.

Por outro lado os sistemas estruturais apresentam um potencial de redução de custos baixo devido, essencialmente, ao estudo contínuo destes sistemas ao longo de décadas. Apesar de não ter sido apresentada qualquer referência ao dimensionamento e otimização das estruturas utilizadas nos edifícios analisados neste trabalho, o autor analisou alguns dos elementos constituintes (como as coberturas metálicas) e constatou que o seu dimensionamento se encontra bastante otimizado de acordo com os métodos de projeto atuais.

#### 7.2.2.2. Coordenação Dimensional e Modular

De modo a satisfazer a conceção estrutural e arquitetónica com vista a uma redução global de custos, pode recorrer-se, simplificadamente, a uma coordenação modular dimensional. A coordenação modular pode ser vista como um instrumento geométrico, físico e económico que tem por objetivo compatibilizar dimensionalmente os espaços de uma edificação, que como instrumento de projeto, pretende contribuir para a melhoria da qualidade do mesmo, facilitando a conceção, elaboração e construção das edificações. (Freire, 2009)

É, portanto, um método industrial através do qual se estabelece uma dependência recíproca entre produtos básicos (componentes), intermediários de série e produtos finais (edifícios), mediante o uso de uma unidade de medida comum, representada pelo módulo. (ABNT, 1975).

O módulo, representado pela letra M, é a unidade de medida de referência padrão em coordenação e projeto modular adotado pela norma *ISO 1006:1983 Building Construction – Modular Coordination*. O valor internacional *standard* do módulo básico é de  $1M = 100\text{ mm}$ , podendo adotar-se multimódulos ( $nM$ ) ou submódulos ( $M/n$ ), com  $n$  sendo um número natural inteiro.

Apesar da especificidade de cada projeto, a conceção de diversos edifícios que contemplem a mesma atividade de uma mesma empresa ou grupo, como é o caso dos *stand-alone* Continente Modelo, é o tipo

de edifício que, teoricamente, maior facilidade apresenta na integração da coordenação modular dimensional.

De modo a integrar a coordenação modular dimensional na disposição da malha de pilares é necessário recorrer a grelhas modulares que permitam regradamente alguma liberdade na disposição. A grelha pode ser de diversos tipos; seguidamente apresenta-se um tipo, grelha tartan, adequado a plantas regulares com um determinado espaçamento entre pilares. (Modular Coordination)

A grelha tartan, ilustrada na Figura 7.2, consiste numa grelha modular interrompida, onde os intervalos ou bandas de interrupção apresentam uma regularidade espacial nas duas direções podendo, contudo, apresentar dimensões modulares diferentes.

A coordenação pode ser axial, onde a distância entre eixos dos elementos estruturais é considerada, ou facial, onde é a distância entre as faces dos elementos que interessa. A opção por uma destas depende essencialmente de como os restantes componentes se articulam e organizam no espaço.

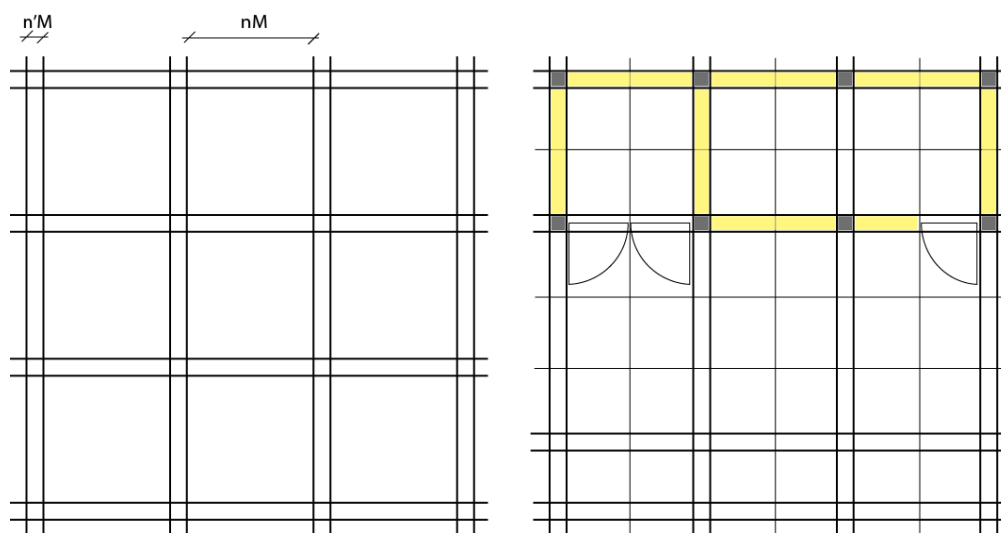


Figura 7.2 – Grelha tartan e exemplo de coordenação dimensional modular

A implementação deste tipo de organização permite uniformizar os diferentes projetos com base num sistema dimensional coerente e disciplinado. As soluções estruturais podem ser facilmente adaptadas a diferentes projetos, garantindo alguma redução de tempo e trabalho por parte das equipas projetistas. Além disso, esta coordenação modular permite, também, uma abordagem diferente na organização das diferentes compartimentações que compõe o *layout*.

A equipa de Arquitetura consegue, assim, impor um conjunto de medidas que permitem regar, até um certo ponto, as diferentes especialidades que intervêm no *layout* dos edifícios contribuindo para uma organização espacial que se reflete a montante na definição conceptual das compartimentações e a jusante nos projetos de execução.

### 7.2.2.3. Interação Fachada / Estacionamento

O estacionamento, juntamente com o edifício, contribui para uma enorme área de terreno impermeável. Além da imagem cinzenta, conferida pela ausência/diminuição de zonas de área verde, altera significativamente as condições de escoamento daquela zona pelo aumento de área a drenar com consequências a nível hidrológico, hidrodinâmico e, também, em termos de proteção civil. A presença do estacionamento (sempre) na frente de loja retira protagonismo e visibilidade à fachada principal, aquela que tem sido alvo de maior alteração e preocupação por parte da equipa de Arquitetura e Design. A subida do pé-direito na zona da galeria da fachada, além de esconder grande parte dos equipamentos existentes na cobertura, é uma tentativa de aumentar a visibilidade e expor a cara do edifício. Devido à localização do estacionamento e dos acessos a este, a fachada principal do edifício estabelece-se como elemento protagonista da imagem e conceito apenas no momento da entrada dos clientes no edifício ou nas proximidades deste, sendo que o seu principal objetivo não está a ser perfeitamente conseguido.

Um dos grupos retalhistas do setor posiciona, habitualmente, o estacionamento do edifício *stand-alone* numa das laterais ou, então, quando tal não é viável, trata a fachada lateral como sendo uma das faces principais do edifício. Esse tratamento compreende a introdução de vãos envidraçados, elementos de comunicação e materiais construtivos diferentes daqueles utilizados usualmente nas retaguardas.

Repensar alternativas do posicionamento relativos destes elementos exige um estudo aprofundado que poderá ser iniciado através de inquéritos aos clientes que tratem especificamente a sua perceção quanto ao exterior do edifício.

### 7.2.2.4. Integração da Ferramenta BIM

O BIM, *Building Information Model*, pode ser definido como a representação digital de um conjunto de características físicas e funcionais que constituem um edifício. Ou seja, as aplicações que utilizam BIM permitem um repositório dinâmico para a integração da informação de todas as fases da construção associadas ao projeto de um edifício. (Monteiro, A. 2010)

Atualmente a DCL utiliza ferramentas CAD para a reprodução dos seus projetos. Estas utilizam um simples representação de elementos através de linhas, formas e textos, que requerem uma identificação transversal a todas as especialidades de modo a uma compreensão do projeto. As peças desenhadas, como alçados, plantas, vistas ou cortes, exigem um esforço laboral enorme, sendo que todas as alterações do projeto são manualmente corrigidas em cada uma destas peças.

Os *softwares* que integram BIM são vistos como a nova geração de ferramentas CAD. A necessidade de criar um modelo central representativo dos processos de construção, levou a que se percebesse a importância em abandonar aquela simples representação de elementos e se passasse a representar um modelo como uma associação de elementos individuais, através de uma modelação orientada por objetos. Para tal, os elementos são definidos de acordo com uma identidade própria com características associadas. A definição da informação contida em cada elemento baseia-se em relações paramétricas, i.e. todas as alterações são processadas em tempo real e em todo o modelo, dinamizando o processo de atualização e automatização por parte do utilizador.

De acordo com El-Desouki (2005) as principais vantagens resultantes da implementação de tal ferramenta são:

- Pesquisa e obtenção de documentos específicos;
- Propagação e alterações rápidas e diretas;
- Automatização de fluxos de trabalho;

- Compilação da informação relevante;
- Integração de processos de produção e gestão documental que resultam numa economia de esforços a nível administrativo;
- Simplificação da recolha de informação produzida em projetos anteriores;
- Criação de condições favoráveis para a realização simultânea do trabalho de diversos projetistas, resultando em prazos mais curtos para o desenvolvimento de projetos;
- Eliminação da introdução repetida de dados;
- Redução de esforços redundantes relacionados com a repetição de tarefas de projeto e com as verificações das especificações elaboradas;
- Aumento de produtividade devido a uma partilha de informação mais rápida e isenta de ruído;
- Simplificação da introdução de modificações em projetos;
- Melhoria da cooperação interdisciplinar.

As mais correntes aplicações BIM são autênticas ferramentas de conceção e design de edifícios. A modelação do edifício vai mais além da simples concretização dos esboços em papel para formato digital, sendo possível usar a aplicação para testar diferentes tipos de soluções, sempre limitadas pelos parâmetros de consistência de um modelo de construção. A modelação desenvolve-se com recurso a bibliotecas ou famílias de elementos, editáveis por cada utilizador. A criação de bibliotecas pré-definidas para cada projeto assegura a compatibilidade do modelo com os materiais e processos de construção pretendidos para cada obra, o que aumenta significativamente o rendimento e reduz as incompatibilidades e ajustes necessários entre o projeto de conceção e o projeto de execução.

Torna-se claro que a implementação de qualquer ferramenta BIM implica um esforço conjunto dos intervenientes do longo das diferentes fases do projeto.

A atividade da Sonae MC no setor da construção propicia, mais do que qualquer outra empresa em Portugal, a implementação deste tipo de ferramenta. Isto deve-se à definição de conceitos que existe (ou existirá) transversal a todos os projetos de cada insígnia; ou seja, a modelação de todo o projeto com recurso a bibliotecas ou famílias de objetos e elementos permitira construir uma base de dados paramétrica a ser utilizada de acordo com a insígnia.

Tal modelação possibilitaria, ainda, uma integração imediata da equipa de Equipamentos e Design, sendo que todos os equipamentos e soluções ficariam definidas parametricamente, podendo ser reajustadas de acordo com os diferentes projetos. Assim, o esforço inicial da modelação de um novo objeto parametrizado seria compensado com a sua representação com qualquer tipo de dimensão, orientação, material e em peça desenhada (modelo 3D, cortes, vistas, etc.).

A Sonae MC é simultaneamente cliente e projetista conceptual das suas obras e acompanha, ainda, todo o processo desde a adjudicação até à entrega da obra. Ou seja, pode e deve ser o coordenador e um projeto que integrando uma ferramenta BIM permitiria um controlo das diferentes fases do projeto e de todas as variáveis associadas (e.g. prazos, custos e erros) durante o processo de uma forma mais eficiente e racional.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1:1 Architects (2014). *Aldi Swan Hill and Aldi Albury*. Available on: <http://www.one2one.net.au/>
- Amaral, Ana (2014). *A sustentabilidade na conceção de edifícios de retalho: desafios e propostas para a eficiência energética e ambiental em supermercados*. Dissertação de Mestrado em Energia para a Sustentabilidade, Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra.
- Amorim Faria, José (1993). *Divisórias leves prefabricadas – Conceção e avaliação da viabilidade de um sistema realizado com base em madeira e derivados*. Dissertação de Doutoramento, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Architectural Energy Corporation. *Displacement Ventilation*. In Energy Design Resources. (accessed on 13-10-2014). Available on: [http://energydesignresources.com/media/1723/EDR\\_DesignBriefs\\_displacementventilation.pdf?trackd=true](http://energydesignresources.com/media/1723/EDR_DesignBriefs_displacementventilation.pdf?trackd=true)
- ASHRAE (2011). *ASHRAE Handbook, SI Version*. Atlanta.
- ASHRAE 55-4. *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. USA.
- ASHRAE, 2001. *International Weather for Energy Calculations (IWECC Weather Files)*. Users Manual. Atlanta, USA.
- Bilow, M. (2012). *International Façades – CROFT, Climated Related Optimized Façade Technologies*. PhD Thesis at TU Delft.
- Bollinger Baugruppe (2010). *Neubau Einer Aldi-Filiale in Chiasso*. Available on: [http://www.bollinger-bau.com/205\\_Bild\\_1.html](http://www.bollinger-bau.com/205_Bild_1.html)
- Breathing Buildings (2009). *Asda store in Langley Mill*. Available on: [http://www.breathingbuildings.com/media/5472/51342190\\_asda%20case%20study.pdf](http://www.breathingbuildings.com/media/5472/51342190_asda%20case%20study.pdf)
- Brito, Mariana (2010). *Reabilitação de Fachadas e o seu Contributo Energético: Caso de estudo de um hotel em Lisboa*. Dissertação de Mestrado em Arquitetura, Universidade Técnica de Lisboa.
- Building.co.uk (2012). *Sustainable Supermarket: M&S new Cheshire Oaks store*. Available on: <http://www.building.co.uk/sustainable-supermarket-mss-new-cheshire-oaks-store/5031183.article>
- Byron S. Gottfried and Joel Weisman (1973). *Introduction to Optimization Theory*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Castro, Alexandra (2007). *As vendas e o espaço no retalho: modelos econométricos aplicados a um grupo de distribuição alimentar português*. Dissertação de Mestrado em Ciências Empresariais, Faculdade de Economia da Universidade do Porto.
- Chetham's Library. *Newbold Collection*. Available on: <http://chethamslibrary.blogspot.co.uk/>
- ColorCoat (2013). *Tesco Bedworth*. Available on: <http://www.colorcoat-online.com/blog/index.php/tag/tesco-bedworth/>
- Coulis, Mark (2009). *Maintaining Façade & Envelope Integrity*. In <http://www.buildings.com/article-details/articleid/9024/title/maintaining-facade-envelope-integrity.aspx> (accessed on 10-10-2014)
- Daily Mail Online. Available on: <http://www.dailymail.co.uk/news/article-2790020/sainsbury-s-told-lesbian-couple-stop-kissing-leave-supermarket-customer-complained.html>

- Dias, Paulo (2009). *Reposicionamento estratégico no retalho: aplicação a um caso de estudo – Pingo Doce*. Dissertação de Mestrado em Gestão de Empresas, Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa.
- DIN 1946-6. *Ventilation and Air Conditioning*. Deutsches Institut für Normung.
- El-Desouki, M. and Hosny, A.H. (2005). *A Framework Model for Workflow Automation in Construction Industry*. In International Workshop on Innovations in Materials and Design of Civil Infrastructure. Cairo, Egypt.
- ERSE (2014). *Tarifas e Preços para a Energia Elétrica e Outros Serviços em 2014*. Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos. Portugal
- ERSE (2015). *Preços de Referência no Mercado Liberalizado de Energia Elétrica e Gás Natural em Portugal Continente*. Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos. Portugal.
- European Commission (2008). *Guide to cost-benefit analysis of investment projects*. Structural Funds, Cohesion Fund and Instrument for Pre-Accession. EU.
- Eurostat (2014). Education and Training. European Statistics. Available on: <http://ec.europa.eu/eurostat/web/education-and-training>
- Faithful Gould (2013). *M&S Cheshire Oaks – Building Performance Evaluation (First Year Performance Summary)*. Green Core Construction. Available on: [http://www.greencoreconstruction.co.uk/downloads/MS\\_Cheshire\\_Oaks\\_Building\\_Performance\\_Evaluation\\_-\\_Summary\\_-\\_Technical\\_a\\_.pdf](http://www.greencoreconstruction.co.uk/downloads/MS_Cheshire_Oaks_Building_Performance_Evaluation_-_Summary_-_Technical_a_.pdf)
- Ferreira, A. (2012). *Estudo de Soluções de Otimização para Edifícios de Balanço Energético Nulo*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
- Ferreira, J. (2010). *Estudo de uma nova metodologia para gestão de energia em edifícios – aplicação ao AVAC*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Fitch, J.M., and Branch, D.P. (1960). *Primitive Architecture and Climate*. Scientific American, Vol. 203, pp. 134-145
- Freire, António (2009). *A arquitetura como espaço modular: forma, tipologia, sustentabilidade, flexibilidade, projeto*. Dissertação de Mestrado em Arquitetura, Universidade da Beira Interior.
- Gherzi et al. (2001). *Design of Mettalic Cold-Formed Thin-Walled Members*. CRC Press.
- Gonçalves, H., Graça, J. (2004). *Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal*. INETI. Lisboa.
- Gonçalves, Rita (2013). *Aldi vai abrir três lojas em Portugal*. In Hipersuper. (accessed on 13-10-2014) Available on: <http://www.hipersuper.pt/2013/03/14/aldi-vai-abrir-tres-lojas-em-portugal/>
- Green Building Council (2012). *Cheshire Oaks Project Case Study*. UK Green Building Council. Available on: <http://www.ukgbc.org/content/ms-cheshire-oaks-case-study>
- IPMA (2014). *O clima*. In Enciclopédia IPMA.pt. Instituto Português do Mar e da Atmosfera. Available on: <http://www.ipma.pt/pt/enciclopedia/clima/index.html>
- ISO 1006:1983. *Building Construction – Modular Coordination*. International Organization for Standardization.



- ISO 6241:1984. *Performance standards in buildings – Principles for their preparation and factors to be considered*. International Organization for Standardization.
- Khatami, N. (2009). *The wind-catcher: a traditional solution for a modern problem*. PhD Thesis, University of Glamorgan.
- Khlebnikova, E. (1975). *Classification of the Climate of the Earth*. Environmental Structure and Function: Climate System. Vol I. EOLSS.
- Kleinberger, H. and Hendren, C. (2012). *Retail 2020: Reinventing retailing – once again*. IBM Sales and Distribution and New York University Stern School of Business. USA, New York.
- Knaack U. et al. (2007). *Façades: Principles of Construction*. Birkhäuser Architecture. Basel, Swiss.
- Knowles, R. (1974). *Energy and Form*. MIT Press. Cambridge, Massachusetts.
- L&W (2012). *White Rose Award*. Lewis and Hickey Architecture. Available on: <http://www.lewishickey.com/who-we-are/awards-article/riba-2012-white-rose-award>
- Le Corbusier (1923). *Vers un architecture*. In L'Esprit Nouveau.
- Lim, Joseph (1997). *The mediating influence of pleasure and arousal on layout and signage effects. Comparing more and less customize retail services*. In Journal of Retailing and Consumer Services Vol. 4, No. 1, pp. 13-24. Elsevier Science Ltd.
- Littlefair (1999). *Daylight and Solar Control in Building Regulations*. Building Research Establishment. UK.
- M&S (2010). Stratford City Sustainable Store. Available on: <http://corporate.marksandspencer.com/plan-a/stories/stores-and-operations/stratford-city-sustainable-store>
- M&S Property Group (2013). *Cheshire Oaks – Building Performance Evaluation*. Faithful Group.
- Marks & Spencer (2010). *Sustainable Construction Manual*. Marks & Spencer. UK.
- Martineu, P. (1958). *The Personality of the Retail Store*. Harvard Business Review. Vol. 36, pp. 47-55
- Mendonça, P. (2005). *Habitar sob uma segunda pele: estratégias para a redução do impacto ambiental de construções solares passivas em climas temperados*. Tese de Doutorado em Engenharia Civil, Universidade do Minho.
- Moriarty, J. et al. (2009). *En route to a theory of benchmarking*. Benchmarking: An International Journal, Vol. 16, Nº 4
- Moura, Eride (2009). *Fachadas respirantes*. In técnica. Edição 144, Março. (accessed on 13-10-2014) Available on: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/144/artigo287636-1.aspx>
- NBR 15.873:2010. *Norma de Coordenação Modular para Edificações*. Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NG Developments (2012). Available on: <http://www.ng-developments.com/tesco-stretford/>
- Óbuda Group (2012). Tesco hyper and supermarket. Available on: <http://obudagroup.com/track-record/tesco-hyper-and-supermarkets>
- RCCTE (2006). *Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios*. In Decreto-Lei 80/2006 de 4 de Abril.

- Santos, C., Matias L. (2006). *ITE 50 – Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC). Lisboa.
- Silva, F. (2013). *Ventilação Natural*. In Jornadas de Engenharia e Climatização. Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC). Available on:  
[http://www.ordemengenheiros.pt/fotos/dossier\\_artigo/t\\_1919376852653124265d6.1\\_fernandomarques-silva.pdf](http://www.ordemengenheiros.pt/fotos/dossier_artigo/t_1919376852653124265d6.1_fernandomarques-silva.pdf)
- Sonae (2013). *Relatório de Gestão e Contas de 2013*. Conselho de Administração.
- Sousa, Fernando (2010). *Fachadas Ventiladas em Edifícios: tipificação de soluções e interpretação do funcionamento conjunto suporte/acabamento*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil (Construções), Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Tesco (2014). *Climate Change: Zero Carbon Stores*. Available on:  
[http://www.tescopl.com/assets/files/cms/Resources/Environment/Zero\\_Carbon\\_Stores\\_.pdf](http://www.tescopl.com/assets/files/cms/Resources/Environment/Zero_Carbon_Stores_.pdf)
- Vaisala, O. (2013). *Humidity Conversion Formulas – Calculation Formulas for Humidity*. Vaisala. Finland. Available on:  
[http://www.vaisala.com/Vaisala%20Documents/Application%20notes/Humidity\\_Conversion\\_Formulas\\_B210973EN-F.pdf](http://www.vaisala.com/Vaisala%20Documents/Application%20notes/Humidity_Conversion_Formulas_B210973EN-F.pdf)
- W. S. Tyler (2011). Parking Garage Aldi, Munich. Available on:  
<http://www.weavingideas.net/us/applications-products/architecture/facade/projects/singleview/hsref/parkhaus-aldi-muenchen.html>
- Watson, G. (1993). *Strategic Benchmarking: How to Rate Your Company's Performance against the World's Best*. Wiley.
- Wetter, M. (2000). *Design Optimization with GenOpt*. Building Energy Simulation User News. Vol. 21 September/October.
- Wetter, M. (2011). *Generic Optimization Program, User Manual v3.1.0*. Simulation Research Group. Berkeley.
- Wines, J. (2008). *Green Architecture*. Taschen. Cologne, Germany.
- Wyckmans, A. and Finocchiario, L. (2013). *Bioclimatic Strategies*. Norwegian University of Science and Technology. Available on: <http://www.ides-edu.eu/wp-content/uploads/2013/04/4-Bioclimatic-strategies-in-architecture2.pdf>
- Yeung, Matthew et al (2013). *Customer satisfaction and consumer expenditure in selected European countries*. In International Journal of Research in Marketing: IJRM. Vol. 30.2013, 4, pp. 406-416. Elsevier. Amsterdam.